



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

### **ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

#### **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DATOS (SCADA), MEDIANTE COMUNICACIÓN 3G PARA LA EMPRESA “RIO SOLAR SMART ENERGY” DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”.**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**AUTORES:** VANESSA MARILYN SALAZAR PALACIOS

MIGUEL ANGEL CUJILEMA MELENDREZ

**TUTOR:** ING. ALBERTO ARELLANO AUCANCELA

Riobamba – Ecuador

2017

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES**

**INDUSTRIALES**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DATOS (SCADA), MEDIANTE COMUNICACIÓN 3G PARA LA EMPRESA “RIO SOLAR SMART ENERGY” DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”, de responsabilidad de los señores VANESSA MARILYN SALAZAR PALACIOS Y MIGUEL ANGEL CUJILEMA MELENDREZ, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Washington Luna E.

**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

Ing. Freddy Chávez V.

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN  
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

.....

Ing. Alberto Arellano A.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

.....

Ing. Edwin Altamirano S.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Vanessa Marilyn Salazar Palacios, con cédula de identidad 060460005-6 y Miguel Ángel Cujilema Meléndrez, con cédula de identidad 060450599-0 declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 22 de Febrero de 2017

Vanessa Marilyn Salazar Palacios

**ESTUDIANTE**

Miguel Ángel Cujilema Meléndrez

**ESTUDIANTE**

Ing. Alberto Arellano A.

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

**DE TITULACIÓN**

Ing. Edwin Altamirano

**MIEMBRO DEL TRABAJO**

**DE TITULACIÓN**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros, **VANESSA MARILYN SALAZAR PALACIOS** y **MIGUEL ANGEL CUJILEMA MELÉNDREZ**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en este trabajo, y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**.

-----  
Vanessa Marilyn Salazar Palacios

060460005-6

-----  
Miguel Ángel Cujilema Meléndrez

060450599-0

## **DEDICATORIA**

A Dios por su infinito amor y bendiciones reflejadas en los ojos de mi madre, tía y abuela, quienes me han enseñado con su ejemplo a la mujer que quiero ser, por acompañar y guiar mis pasos, por ayudarme a cumplir mis metas y por motivarme a seguir soñando.

**Vanessa Salazar.**

A mi madre y mis hermanos, ya que gracias al apoyo incondicional que me han brindado día a día, he podido culminar una etapa más de mi vida, cumpliendo con las metas y objetivos que me he planteado al inicio de mi carrera universitaria.

Y a aquellos maestros y amigos que formaron parte de mi formación profesional los mismos que supieron brindarme sus conocimientos, experiencias y amistad.

**Miguel Cujilema**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro imperecedero agradecimiento a nuestras familias por el apoyo brindado, por ser guía, aliento y motivación, durante nuestra etapa de estudio.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser modelo de excelencia en educación y aportar positivamente a nuestra formación integral, a la Facultad de Informática y Electrónica que a través del conocimiento y experiencia de sus docentes, ha contribuido a nuestro aprendizaje, formándonos como buenos profesionales y excelentes seres humanos.

A nuestros compañeros y amigos quienes han hecho de nuestra época universitaria una grata experiencia.

Finalmente, queremos agradecer a nuestro tutor de tesis, gran maestro y amigo, Ing. Alberto Arellano, por orientarnos en el desarrollo de presente trabajo de titulación.

# TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
<i>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</i> .....	<i>iii</i>
<i>DERECHOS DE AUTOR</i> .....	<i>iv</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>v</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>xiii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>xiv</i>
<i>ÍNDICE DE GRÁFICOS</i> .....	<i>xviii</i>
<i>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</i> .....	<i>xix</i>
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i> .....	<i>xxi</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>xxiii</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>1</i>
<i>ANTECEDENTES</i> .....	<i>1</i>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>4</i>
<i>CAPÍTULO I</i> .....	<i>5</i>
<i>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1 Energías Renovables</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.1 Introducción</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.2 Tipos de energías renovables</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.2.1 Energía Eólica</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.2.2 Energía Geotérmica</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.2.3 Energía Hidráulica</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.2.4 Energía Solar</i> .....	<i>7</i>
<i>1.2 Calentadores Solares</i> .....	<i>8</i>
<i>1.2.1 Generalidades</i> .....	<i>8</i>
<i>1.2.2 Componentes de un Calentador Solar</i> .....	<i>8</i>

1.2.2.1	<i>Colector Solar.....</i>	9
1.2.2.2	<i>Tanque de Almacenamiento Térmico .....</i>	9
1.2.3	<i>Tipos de Calentadores Solares.....</i>	9
1.2.3.1	<i>Captadores Planos con cubierta .....</i>	10
1.2.3.2	<i>Captadores concentradores parabólicos.....</i>	10
1.2.3.3	<i>Captadores Planos sin cubierta.....</i>	11
1.2.3.4	<i>Captadores de tubos de vacío.....</i>	11
1.2.4	<i>Funcionamiento del Calentador Solar .....</i>	12
1.2.5	<i>Rendimiento del Sistema de Calentamiento Solar.....</i>	14
<b>1.3</b>	<b><i>Sistema SCADA.....</i></b>	<b>15</b>
1.3.1	<i>Introducción.....</i>	15
1.3.2	<i>Objetivos del Sistema SCADA .....</i>	15
1.3.3	<i>Arquitectura del Sistema SCADA .....</i>	16
1.3.3.1	<i>Software de Adquisición de Datos y Control.....</i>	16
1.3.3.2	<i>Sistemas de Adquisición y Mando .....</i>	17
1.3.3.3	<i>Sistemas de Interconexión .....</i>	17
1.3.4	<i>Hardware del Sistema SCADA .....</i>	17
1.3.5	<i>Software de un sistema SCADA.....</i>	18
1.3.5.1	<i>Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW .....</i>	19
<b>1.4</b>	<b><i>Comunicación 3G.....</i></b>	<b>19</b>
1.4.1	<i>Introducción.....</i>	19
1.4.2	<i>Características de la Comunicación 3G.....</i>	20
<b>1.5</b>	<b><i>Sistemas de Control.....</i></b>	<b>20</b>
1.5.1	<i>Introducción.....</i>	20
1.5.2	<i>Definición .....</i>	21
1.5.3	<i>Elementos de un Sistema de Control .....</i>	22
1.5.4	<i>Tipos de Sistemas de Control .....</i>	22
1.5.5	<i>Clasificación de los Controladores .....</i>	24



1.5.5.1	De dos posiciones o Controladores ON – OFF.....	24
1.5.5.2	Controladores Proporcionales.....	25
1.5.5.3	Controlador Proporcional Integral.....	25
1.5.5.4	Controlador Proporcional Derivativo.....	26
1.5.5.5	Controlador Proporcional Integral Derivativo.....	26
<b>1.6</b>	<b>Hardware y Software Arduino.....</b>	<b>27</b>
1.6.1	Introducción.....	27
1.6.2	Generalidades.....	27
1.6.3	Ventajas del uso la placa de desarrollo Arduino .....	28
1.6.4	Características de la placa de desarrollo Arduino UNO .....	28
<b>1.7</b>	<b>Módulo GSM - SIM900.....</b>	<b>30</b>
1.7.1	Características.....	30
<b>1.8</b>	<b>Sensores.....</b>	<b>31</b>
1.8.1	Introducción.....	31
1.8.2	Definición .....	31
1.8.3	Acondicionadores de Señal.....	31
1.8.4	Tipos de Sensores .....	32
1.8.4.1	Funcionamiento .....	32
1.8.4.2	Señal de Salida .....	32
1.8.4.3	Naturaleza de funcionamiento.....	32
1.8.4.4	Material de Fabricación.....	33
1.8.5	Termistores .....	33
1.8.5.1	NTC (Negative Temperature Coefficient).....	33
1.8.5.2	PTC (Positive Temperature Coefficient) .....	34
<b>1.9</b>	<b>Interruptores Electrónicos .....</b>	<b>35</b>
1.9.1	Introducción.....	35
1.9.2	Clasificación.....	35
1.9.2.1	Diodo .....	35

1.9.2.2	<i>Tiristores</i> .....	35
1.9.2.3	<i>Transistores</i> .....	37
1.9.3	<i>Disipadores</i> .....	37
<b>1.10</b>	<b><i>Circuitos Impresos (PCBs)</i></b> .....	<b>39</b>
1.10.1	<i>Definición</i> .....	39
1.10.2	<i>Técnicas de Elaboración de PCBs</i> .....	39
1.10.2.1	<i>Transferencia del circuito a la placa</i> .....	39
1.10.2.2	<i>Herramientas computacionales de diseño</i> .....	40
1.10.3	<i>CAD Proteus Design Suite</i> .....	40
1.10.3.1	<i>ISIS</i> .....	40
1.10.3.2	<i>ARES</i> .....	40
<b>CAPITULO II</b> .....		<b>42</b>
<b>2</b>	<b><i>MARCO METODOLÓGICO</i></b> .....	<b>42</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Adquisición de datos de temperatura y Nivel de Agua del Sensor</i></b> .....	<b>44</b>
2.1.1	<i>Análisis de sensor</i> .....	44
2.1.2	<i>Obtención de Señal de Temperatura</i> .....	44
2.1.3	<i>Obtención de la Señal de Nivel de agua</i> .....	46
<b>2.2</b>	<b><i>Programación de Sistema de Control</i></b> .....	<b>47</b>
2.2.1	<i>Introducción</i> .....	47
2.2.2	<i>Sistema de Control</i> .....	47
2.2.3	<i>Diagrama de bloques y elementos del Sistema de Control</i> .....	48
<b>2.3</b>	<b><i>Diseño Electrónico</i></b> .....	<b>48</b>
2.3.1	<i>Descripción</i> .....	48
2.3.2	<i>Diseño del circuito</i> .....	48
<b>1.4</b>	<b><i>Programación de Dispositivos</i></b> .....	<b>53</b>
1.4.1	<i>Descripción</i> .....	53
1.4.2	<i>Programación del dispositivo cliente</i> .....	53
1.4.2.1	<i>Recolección y envío de datos</i> .....	53

2.4.2.2	<i>Recepción de datos desde el servidor.....</i>	55
2.4.2.3	<i>Control ON-OFF .....</i>	55
2.4.2.4	<i>Envío de mensajes de texto.....</i>	56
1.4.3	<i>Programación del dispositivo servidor .....</i>	57
1.4.3.1	<i>Recepción de datos desde dispositivos cliente.....</i>	57
1.4.3.2	<i>Transmisión de datos al HMI.....</i>	57
1.4.3.3	<i>Recepción de órdenes desde el HMI.....</i>	57
1.4.4	<i>Consumo de servicios telefónicos.....</i>	58
<b>1.5</b>	<b><i>Programación de HMI.....</i></b>	<b>59</b>
1.5.1	<i>Descripción .....</i>	59
2.5.2	<i>Monitoreo.....</i>	60
2.5.3	<i>Control .....</i>	62
2.5.4	<i>Historial .....</i>	63
2.5.5	<i>Alertas .....</i>	64
<b>1.6</b>	<b><i>Implementación de Sistema .....</i></b>	<b>65</b>
1.6.1	<i>Descripción.....</i>	65
1.6.2	<i>Implementación del dispositivo cliente.....</i>	65
1.6.3	<i>Implementación del dispositivo servidor.....</i>	67
1.6.4	<i>Instalación del HMI.....</i>	68
<b><i>CAPÍTULO III.....</i></b>		<b>70</b>
<b>3</b>	<b><i>MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.</i></b>	<b>70</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Análisis del Sistema Implementado.....</i></b>	<b>70</b>
3.1.1	<i>Situación Real antes de la Implementación del Sistema.....</i>	70
3.1.1.1	<i>Funcionamiento y estado actual.....</i>	70
3.1.1.2	<i>Monitoreo de Variables.....</i>	71
3.1.1.3	<i>Alerta de avería en el sistema.....</i>	72
3.1.1.4	<i>Control en las variables del sistema.....</i>	72
3.1.2	<i>Costos de Mantenimiento y reparación.....</i>	72

<b>3.2</b>	<b><i>Análisis de Resultados Obtenidos</i></b> .....	<b>73</b>
3.2.1	<i>¿La implementación de un sistema de adquisición, supervisión y control de datos, mejorará el funcionamiento de los calentadores solares, previniendo posibles daños en los equipos, optimizando los recursos en los servicios de mantenimiento que la empresa “Rio Solar Smart Energy” actualmente emplea?</i> .....	73
3.2.2	<i>¿Cómo ayudaría al sistema de calentamiento la incorporación de un dispositivo que permita el monitoreo remoto de las variables principales que influyen en el desarrollo de este?</i> .....	76
3.2.3	<i>¿Cuál es la situación actual de los calentadores solares y cuáles son los problemas que se presentan con mayor frecuencia durante su funcionamiento?</i> .....	76
3.2.4	<i>¿Cuáles son los rangos de trabajo nominales que debe mantener el sistema de calentamiento solar en las variables de temperatura y nivel de agua para su correcto funcionamiento?</i> .....	77
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>79</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>80</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>81</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Generaciones de la Telefonía celular, características.....	20
<b>Tabla 2-1</b>	Análisis comparativo entre sistemas de bucle abierto y bucle cerrado .....	24
<b>Tabla 1-2</b>	Relación Temperatura-Resistencia Sensor .....	45
<b>Tabla 2-2</b>	Catálogo de disparadores térmicos .....	52
<b>Tabla 3-2</b>	Comandos AT verificación de funcionamiento shield SIM900 .....	54
<b>Tabla 4-2</b>	Comandos AT conexión a la red shield SIM900.....	54
<b>Tabla 5-2</b>	Comandos AT envío de mensajes SIM900 .....	56
<b>Tabla 6-2</b>	Consumo de servicios telefónicos de dispositivo cliente .....	58
<b>Tabla 7-2</b>	Consumo de servicios telefónicos de dispositivo servidor.....	58
<b>Tabla 8-2</b>	Consumo de servicios telefónicos sistema general .....	59
<b>Tabla 1-3</b>	Daños y costo de reparación de equipos Septiembre –Octubre 2016 .....	73
<b>Tabla 2-3</b>	Daños y costo de reparación de equipos Diciembre 2016 – Enero 2017 .....	74
<b>Tabla 3-3</b>	Costo total de mantenimiento. Diciembre 2016 – Enero 2017.....	75
<b>ANEXOS</b>		
<b>Tabla 1-C</b>	Comandos para activación y desactivación de calentadores solares .....	107
<b>Tabla 2-C</b>	Comandos para activación y desactivación de calentadores solares .....	109
<b>Tabla 3-C</b>	Conexiones Dispositivo Cliente – Adquisición de la señal del sensor .....	112
<b>Tabla 4-C</b>	Conexiones Dispositivo Cliente – Actuadores .....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Energías Renovables .....	5
<b>Figura 2-1</b>	Panel Fotovoltaico y sus partes .....	7
<b>Figura 3-1</b>	Calentador Solar .....	8
<b>Figura 4-1</b>	Partes de Calentador Solar .....	9
<b>Figura 5-1</b>	Captador plano con cubierta y sus partes .....	10
<b>Figura 6-1</b>	Captador concentrador parabólico .....	11
<b>Figura 7-1</b>	Captador plano sin cubierta .....	11
<b>Figura 8-1</b>	Esquema funcionamiento, tubo de vacío de Flujo directo .....	12
<b>Figura 9-1</b>	Calentador Solar con fluido baja temperatura .....	13
<b>Figura 10-1</b>	Calentador Solar en proceso de calentamiento .....	13
<b>Figura 11-1</b>	Calentador Solar con fluido a alta temperatura .....	14
<b>Figura 12-1</b>	Arquitectura Sistema SCADA .....	16
<b>Figura 13-1</b>	Arquitectura Hardware Sistema SCADA .....	18
<b>Figura 14-1</b>	Página de inicio LabVIEW 2015 .....	19
<b>Figura 15-1</b>	Sistema de Control .....	22
<b>Figura 16-1</b>	Sistema de control en bucle abierto .....	23
<b>Figura 17-1</b>	Sistema de control en bucle cerrado .....	23
<b>Figura 18-1</b>	Controlador ON-OFF .....	25
<b>Figura 19-1</b>	Sistema Electrónico Arduino .....	27
<b>Figura 20-1</b>	Placa de Desarrollo Arduino UNO .....	28
<b>Figura 21-1</b>	Conector Arduino .....	29
<b>Figura 22-1</b>	Hoja de datos microcontrolador ATmega 328P .....	30
<b>Figura 23-1</b>	Módulo SIM 900 .....	30
<b>Figura 24-1</b>	Tipos de Sensores.....	33
<b>Figura 25-1</b>	Relación Resistencia – Temperatura. Termistor NTC .....	34
<b>Figura 26-1</b>	Relación Resistencia – Temperatura. Termistor PTC .....	34

<b>Figura 27-1</b>	Diodo rectificador .....	35
<b>Figura 28-1</b>	TRIAC.....	36
<b>Figura 29-1</b>	Diagrama Opto acoplador .....	37
<b>Figura 30-1</b>	Componente semiconductor y disipador .....	38
<b>Figura 31-1</b>	Circuito térmico.....	38
<b>Figura 32-1</b>	Apariencia de ISIS - ARES .....	41
<b>Figura 1-2</b>	Diagrama de Etapas del Diseño e Implementación del Sistema .....	42
<b>Figura 2-2</b>	Diagrama del Sistema SCADA .....	43
<b>Figura 3-2</b>	Sensor temperatura y nivel de agua.....	44
<b>Figura 4-2</b>	Diagrama de Bloques controlador ON-OFF .....	48
<b>Figura 5-2</b>	Diagrama de Bloques conexión de un sistema digital a sistema de potencia .....	49
<b>Figura 6-2</b>	Diseño de circuito de potencia .....	50
<b>Figura 7-2</b>	Representación 3D del circuito de potencia .....	50
<b>Figura 8-2</b>	Recepción del Mensaje de Texto de Alerta .....	56
<b>Figura 9-2</b>	Ventana principal del sistema SCADA .....	59
<b>Figura 10-2</b>	Ventana de Control de acceso al sistema .....	60
<b>Figura 11-2</b>	Ventana de Menú Principal del sistema .....	60
<b>Figura 12-2</b>	Lectura de Datos desde puerto serial con VISA .....	61
<b>Figura 13-2</b>	Ventana de Monitoreo de Variables .....	61
<b>Figura 14-2</b>	Ventana de Gráficas .....	62
<b>Figura 15-2</b>	Ventana de Control .....	62
<b>Figura 16-2</b>	Escritura de Datos a través de puerto serial con NI-VISA .....	63
<b>Figura 17-2</b>	Ventana de Historial de Datos .....	63
<b>Figura 18-2</b>	Almacenamiento de Reporte de datos en EXCEL .....	64
<b>Figura 19-2</b>	Ventana de Alertas de Funcionamiento .....	64
<b>Figura 20-2</b>	Ventana de Alertas de funcionamiento activada .....	65
<b>Figura 21-2</b>	Conexión de sensor desde microcomputador .....	66

<b>Figura 22-2</b>	Diseño de estructura en Solid Works – Dispositivo cliente .....	66
<b>Figura 23-2</b>	Dispositivo Cliente .....	67
<b>Figura 24-2</b>	Diseño de estructura en Solid Works – Dispositivo servidor .....	68
<b>Figura 25-2</b>	Dispositivo servidor .....	68
<b>Figura 26-2</b>	Ingreso a sistema desde dispositivo móvil .....	69
<b>Figura 27-2</b>	Dispositivo servidor .....	69
<b>Figura 1-3</b>	Calentador Solar RIO SOLAR ENERGY .....	70
<b>ANEXOS</b>		
<b>Figura 1-C</b>	Carpeta de Software del Sistema .....	100
<b>Figura 2-C</b>	Versión Ejecutable de Software del sistema .....	100
<b>Figura 3-C</b>	Instalador de Software del sistema .....	100
<b>Figura 4-C</b>	Asistente de Instalación .....	101
<b>Figura 5-C</b>	Selección de directorio de destino .....	101
<b>Figura 6-C</b>	Selección de directorio de destino .....	102
<b>Figura 7-C</b>	Ventana de Instalación completa .....	102
<b>Figura 8-C</b>	Ventana de Inicio .....	103
<b>Figura 9-C</b>	Ventana de Control de Acceso al Sistema.....	103
<b>Figura 10-C</b>	Mensaje de acceso correcto .....	103
<b>Figura 11-C</b>	Mensaje de acceso negado .....	104
<b>Figura 12-C</b>	Ventana de Menú Principal .....	104
<b>Figura 13-C</b>	Configuración Puerto Serial .....	104
<b>Figura 14-C</b>	Ventana de Monitoreo .....	105
<b>Figura 15-C</b>	Botón de información .....	105
<b>Figura 16-C</b>	Ventana de Gráficas de Variables .....	106
<b>Figura 17-C</b>	Ventana de Control de Paneles Solares .....	106
<b>Figura 18-C</b>	Ventana de Selección de ubicación de registro .....	107



<b>Figura 19-C</b>	Ventana de Historial de Datos.....	108
<b>Figura 20-C</b>	Ventana de Alertas de Funcionamiento .....	109
<b>Figura 21-C</b>	Conexiones Dispositivo Servidor .....	110
<b>Figura 22-C</b>	Conector IEC 14 - Dispositivo Cliente.....	110
<b>Figura 23-C</b>	Conexiones Dispositivo Cliente .....	111
<b>Figura 24-C</b>	Conexiones Actuadores .....	111
<b>Figura 25-C</b>	Dispositivo Cliente conectado a microcomputador.....	111

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2</b>	Curva característica de señal de temperatura .....	46
<b>Gráfico 1-3</b>	Comparación estado actual y estado anterior – Costo .....	75

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>SCADA</b>	Sistema de Adquisición, Supervisión y Control de Datos
<b>3G</b>	Tercera Generación
<b>HMI</b>	Interfaz Humano–Máquina
<b>MTU</b>	Master Terminal Unit
<b>RTU</b>	Remote Terminal Unit
<b>GSM</b>	Global System for Mobile
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Service
<b>VHF</b>	Very High Frequency
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access
<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunications System
<b>PI</b>	Proporcional Integral
<b>PD</b>	Proporcional Derivativo
<b>PID</b>	Proporcional Integral Derivativo
<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>DC</b>	Corriente Continua
<b>V</b>	Voltaje
<b>A</b>	Corriente
<b>GND</b>	Tierra
<b>VIN</b>	Voltaje de entrada

<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver - Transmitter
<b>AT</b>	Tecnología Avanzada
<b>DTE</b>	Equipo Terminal de Datos
<b>DCE</b>	Equipo de Terminación de Circuito de Datos
<b>NTC</b>	Coeficiente de Temperatura Negativa
<b>PTC</b>	Coeficiente de Temperatura Positiva
<b>SCR</b>	Rectificador Controlado de Silicio
<b>TRIAC</b>	Triodo de Corriente Alterna
<b>GTO</b>	Tiristor con Apagado de compuerta
<b>MCT</b>	Tiristor Controlado por MOS
<b>PCB</b>	Placa de Circuito Impreso
<b>CAD</b>	Diseño Asistido por Computador
<b>INT</b>	Entero
<b>NI</b>	National Instruments
<b>VISA</b>	Virtual Instrument Software Architecture

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-1</b>	Rendimiento de Sistema de Calentamiento Solar .....	14
<b>Ecuación 2-1</b>	Controlador ON-OFF .....	25
<b>Ecuación 3-1</b>	Controlador Proporcional .....	25
<b>Ecuación 4-1</b>	Función de Transferencia Controlador Proporcional .....	25
<b>Ecuación 5-1</b>	Controlador Proporcional Integral .....	25
<b>Ecuación 6-1</b>	Función de Transferencia Controlador PI .....	26
<b>Ecuación 7-1</b>	Controlador Proporcional Derivativo .....	26
<b>Ecuación 8-1</b>	Función de Transferencia Controlador PD .....	26
<b>Ecuación 9-1</b>	Controlador Proporcional Integral Derivativo .....	26
<b>Ecuación 10-1</b>	Función de Transferencia Controlador PID .....	26
<b>Ecuación 11-1</b>	Ecuación de Cálculo de Potencia .....	36
<b>Ecuación 12-1</b>	Ley de Ohm Térmica .....	37
<b>Ecuación 13-1</b>	Resistencia térmica total .....	38
<b>Ecuación 14-1</b>	Ley de Ohm térmica descompuesta .....	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b>	<i>Hoja de datos TRIAC BTA41 .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>Anexo B:</b>	<i>Hoja de datos opto acoplador MOC 3010 .....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>Anexo C:</b>	<i>Manual de Usuario del sistema de adquisición, supervisión y control de datos (SCADA), mediante comunicación 3g para la empresa “RIO SOLAR SMART ENERGY” de la ciudad de Riobamba.....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

## **RESUMEN**

Se diseñó e implementó el sistema de adquisición, supervisión y control de datos (SCADA), mediante comunicación 3G para la empresa “Rio Solar Smart Energy” de la ciudad de Riobamba. El método científico fue empleado para el diseño de software y hardware. El sistema consta de dos tipos de dispositivos, uno programado como cliente que se instaló en los calentadores solares, y otro como servidor instalado en la central de monitoreo y control. El dispositivo cliente adquiere los datos de temperatura y nivel de agua, y los envía a través de red 3G al servidor, además da órdenes de control a cada calentador solar; el dispositivo servidor recopila los datos recibidos de los dispositivos cliente y los envía a través de puerto serial al ordenador central, la Interfaz Humano-Máquina (HMI) desarrollada en LabVIEW, recibe e interpreta la información y administra la misma con el fin de monitorear y controlar el funcionamiento de los calentadores solares y adicionalmente almacena un registro de comportamiento de los mismos. El sistema permite además, comunicar a los usuarios de los calentadores solares sobre posibles condiciones de fallo en el equipo a través de mensajes de texto. Se realizó un análisis comparativo de los calentadores solares, antes y después de la implementación del sistema SCADA, observando ausencia de un sistema de control que mantenga el equipo a salvo de daños frente a variaciones, además de no contar con un sistema de alarmas y monitoreo. Este inconveniente se logró solucionar, mediante el sistema implementado, presentando actualmente un sistema automatizado con capacidad de monitoreo remoto y de alarmas frente a fallos, además de contar con un sistema de control automático. El sistema SCADA ha permitido reducir el costo invertido en mantenimiento y reparación en un 77%. Es recomendable que no se manipule de forma directa los calentadores solares y sus dispositivos, si no únicamente a través del ordenador central.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <SISTEMA DE ADQUISICIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL DE DATOS (SCADA)>, <RED 3G>, <CALENTADORES SOLARES >, <LabVIEW>, <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <MONITOREO REMOTO>.

## **ABSTRACT**

It was designed and implemented the acquisition system, supervision and data monitoring (SCADA) through communication 3G for the company “Rio Solar Energy” of the city of Riobamba. The scientific method was used for the design of software and hardware. The system consist of two type’s devices, one programmed as a client that was installed in the solar heaters, and other server installed in the monitoring station and control. The client device acquires the data of temperature and level of water, and then sends through network 3G to the server, in addition gives orders of control to each solar heater; server device collects the data received from the client device and sends them through serial port to the central computer, human machine interface (HMI) developed in LabVIEW, receives and interprets the information and manages it in order to monitor and control the operation of solar heaters and additionally stores a record of the behavior of the same. Also the system allows communicating to the users of the solar heaters about possible fault conditions on the solar heater through message of text. A comparative analysis was made of solar heaters, before and after the implementation of the SCADA system, observing absence of a control system that keep the equipment safe from damage front variations, in addition to not being provided with a system of alarms and monitoring. This problem was solved, using the system implemented, presented today an automated system with capacity of remote monitoring and of alarms facing failures, in addition to having an automatic control system. The SCADA system has allowed reducing the cost invested in maintenance and repair in a 77%. It is recommended that does not manipulate of direct form the solar heater and its devices, only through the central computer.

**KEYWORDS:** TECHNOLOGY AND SCIENCES ENGINEERING, AUTOMATIC CONTROL, SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA), NETWORK 3G, SOLAR HEATERS, LabVIEW, AUTOMATED SYSTEM, REMOTE MONITORING



## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

El creciente incremento de la población, y en consecuencia sus necesidades, han provocado que los recursos empleados para su desarrollo, empiecen a agotarse y han desencadenado con esto una serie de problemas medio ambientales cuyas consecuencias causarán un grave impacto en la humanidad, pero también han obligado a desarrollar soluciones para contrarrestar estos daños, las cuales a través del uso de recursos naturales renovables permiten crear sistemas eficientes.

Estos sistemas, además de optimizar el recurso económico para empresas y familias, permite reducir el consumo energético logrando con esto crear un sistema sostenible y a su vez propone una solución a muchos de los problemas ambientales, como el cambio climático, los residuos radiactivos, las lluvias ácidas y la contaminación atmosférica (Santamarta 2010a, pp. 34-35) .

Dentro de las energías alternativas que están siendo empleadas para el desarrollo de nuevas tecnologías, se hablará particularmente sobre la energía, calor y radiación generados por el sol. "La energía solar absorbida por la Tierra en un año es equivalente a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y diez mil veces superior al consumo actual", según (Santamarta 2010b, p.35)

Al ser el sol una fuente inagotable de energía, renovable y libre de polución, su uso en diversas aplicaciones es cada vez más frecuente, pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Como explica (Rodríguez Murcia 2008, pp. 83-89), estas dificultades en consecuencia hacen necesario transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso.

El estudio de los métodos y sistemas de captación solar, ha sido objeto de investigación en los últimos años, dichas investigaciones han permitido desarrollar varias aplicaciones y dar varios usos a los beneficios que esta energía inagotable ofrece. En este caso se describirán a los calentadores solares de agua, cuyo uso resulta cada vez más habitual, por el sinnúmero de beneficios que ofrece frente a tecnologías actualmente empleadas para el mismo fin.

El principio de este calentador solar es elevar la temperatura del agua por la acción de la radiación y el calor del sol. La captación de la energía solar se realiza mediante los denominados colectores térmicos, que son superficies expuestas a la radiación solar y que cumplen la función de absorber el calor y transmitirlo a un fluido portador (Duffie y Beckman 1991a, pp.35-42), almacenado en tanques de reserva con aislamiento térmico, mantienen el calor en su interior.

El reemplazar los calentadores de agua convencionales con energías limpias, disminuye el consumo de combustible fósil y energía eléctrica necesarios para el mismo fin, y a pesar de la permanente investigación destinada a este tipo de sistemas, su comportamiento es poco predecible debido a los factores externos permanentemente cambiantes, y al buscar desarrollar tecnología de bajo costo para facilitar su comercialización, el control sobre estos equipos es mínimo.

“Rio Solar Smart Energy” es una empresa dedicada a la venta e instalación de calentadores solares en la ciudad de Riobamba, de su experiencia en el mercado ha podido determinar que muchos de los fallos y daños registrados en el sistema han sido producidos principalmente por la falta de control sobre las variables directas que afectan al sistema como son temperatura y nivel de agua, las mismas que pueden alterar el correcto funcionamiento del calentador.

Es por esto que resulta necesario un sistema de monitoreo para evaluar históricamente el comportamiento de la variación de la temperatura y el nivel de agua, además de implementar un sistema de control automático que permita al sistema tomar decisiones en base a la variación de los parámetros antes mencionados permitiendo así aplicar acciones correctivas de forma rápida, evitando fallos en el funcionamiento del calentador y daños irreversibles en sus componentes.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿La implementación de un sistema de adquisición, supervisión y control de datos, mejorará el funcionamiento de los calentadores solares, previniendo posibles daños en los equipos, optimizando los recursos en los servicios de mantenimiento que la empresa “Rio Solar Smart Energy” actualmente emplea?

¿Cómo ayudaría al sistema de calentamiento la incorporación de un dispositivo que permita el monitoreo remoto de las variables principales que influyen en el desarrollo de este?

¿Cuál es la situación actual de los calentadores solares y cuáles son los problemas que se presentan con mayor frecuencia durante su funcionamiento?

¿Cuáles son los rangos de trabajo nominales que debe mantener el sistema de calentamiento solar en las variables de temperatura y nivel de agua para su correcto funcionamiento?

¿Cuál es la importancia y beneficios que implican mejorar el sistema de calentamiento de agua mediante la incorporación de un sistema adquisición, supervisión y control de datos, para el usuario y para la imagen corporativa de la empresa?

## JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto va enfocada a mejorar, mediante la aplicación del conocimiento adquirido a lo largo de la carrera en diversas áreas como son: electrónica, sensores, control automático y comunicaciones y redes; el sistema de calentamiento de agua a través de luz solar que la empresa “Rio Solar Smart Energy” ofrece.

Después de analizar las falencias presentadas en el sistema actual, como: elevación excesiva de temperatura, nivel de agua por debajo del rango mínimo de trabajo, entre otras; se ha evidenciado que estas se ocasionan al no existir un sistema de control automático que a través del análisis de parámetros de funcionamiento del equipo, pueda tomar decisiones que eviten fallos, permitiendo así a la empresa realizar mantenimiento preventivo, minimizando la daños en el equipo.

Actualmente la empresa “Rio Solar Smart Energy” invierte una cantidad considerable de recursos, en busca de dar solución a estos problemas, y pese al esfuerzo dirigido a lograr este objetivo no se ha podido realizar de una manera eficiente, ya que es necesario que el propietario del calentador solar indique a la empresa que éste presenta algún fallo, para así enviar al servicio técnico, el mismo que muchas veces llega extemporáneamente, cuando daños irreversibles ya se han presentado, además de dejar al cliente insatisfecho con el servicio que la empresa brinda.

Ante esta realidad se propone realizar la implementación de un sistema de adquisición, supervisión y control de datos (SCADA), el mismo que utiliza tecnologías de comunicación para automatizar el monitoreo y control de procesos industriales. Estos sistemas son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o geográficamente disgregados ya que recogen información de varias de fuentes rápidamente, y la presentan a un operador.

Los sistemas SCADA, “mejoran la eficacia del proceso de monitoreo y control proporcionando la información oportuna para poder tomar decisiones operacionales apropiadas” como expone (Chacón, Dijort y Castrillo 2001a, p.6), en este caso el sistema se aplicará sobre las variables de temperatura y nivel de agua que son los factores claves que influyen directamente en el correcto funcionamiento del calentador solar.

A través del análisis de las variables se podrá brindar soluciones correctivas inmediatas como son la activación o desactivación del sistema en caso de que las variables controladas no se encuentren en los rangos nominales de funcionamiento, y también poder prevenir estos daños si se observa que entre los datos adquiridos, existen variaciones atípicas que puedan ser resultado del posible fallo de algún componente, permitiendo a la empresa realizar revisiones evitando daños mayores.

Además este sistema de permitirá al departamento técnico tener acceso a la información del comportamiento de los calentadores solares a través de monitoreo remoto y tomar acciones de control frente a la información recibida.

La implementación de este dispositivo en los calentadores solares indudablemente resultará beneficioso, tanto para el usuario del calentador solar, como para la empresa que podrá reducir los gastos de mantenimiento y reparación en los que invierte actualmente.

Además brindará a la empresa la posibilidad de obtener una ventaja competitiva sobre otras empresas que trabajan en el campo de la comercialización de calentadores solares en la ciudad, y al poder ofrecer un sistema de control automático y monitoreo remoto, la comercialización de los paneles podrá expandirse a lo largo de la región y el país, al no necesitar de personal de servicio técnico en cada punto de instalación

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Implementar un sistema de adquisición, supervisión y control de datos (SCADA), mediante comunicación 3G para la empresa “Rio Solar Smart Energy” de la ciudad de Riobamba

### **Objetivos Específicos:**

- Estudiar los problemas presentes en el sistema de calentamiento de agua a través de luz solar, para después de determinar los rangos óptimos de funcionamiento de las diferentes variables involucradas.
- Diseñar un sistema de control automático en los calentadores solares, que sea capaz de mantener a salvo el equipo y sus componentes, frente a variaciones inesperadas de nivel de agua.
- Implementar y validar el sistema de control diseñado dentro del proceso.
- Implementar un sistema SCADA en los calentadores solares, que permita adquirir y almacenar datos del comportamiento de las variables involucradas, además de permitir la activación o desactivación del sistema de forma remota en caso de presentarse algún fallo, y la realización de consultas de funcionamiento a través de mensaje de texto.
- Validar el correcto funcionamiento del sistema de adquisición, supervisión y control de datos a incorporarse a los calentadores solares.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Energías Renovables

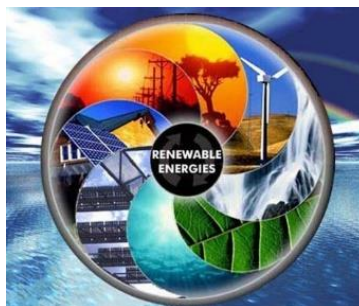
##### 1.1.1 Introducción

El sistema energético usado en la actualidad está basado en su mayoría en la utilización de recursos naturales no renovables, como son los combustibles fósiles, estos recursos se producen en la tierra desde hace millones de años y el ser humano ha explotado y utilizado gran cantidad de estos en poco tiempo, esto permite concluir que las reservas de este tipo de recursos puede agotarse sin duda alguna.

Analizar a profundidad este agotamiento, hablando específicamente de los combustibles fósiles conlleva el análisis de la teoría del pico, propuesta por Hubbert, geofísico y geólogo Estadounidense, esta es una conocida teoría que permite estimar la vida de un recurso mineral, pretende demostrar que una vez que el consumo de combustibles fósiles alcance su valor máximo o cenit, declinara tan rápido como creció. (Kharecha y Hansen 2008, pp.3-5)

Se debe considerar que además del inminente agotamiento de estas energías, hay otras afectaciones producidas a consecuencia de su uso como son los problemas medio ambientales generados en el proceso de extracción de crudos y el tratamiento de estos, tanto como en su uso.

Coincidiendo con la opinión de (Ordoñez 2009, pp. 12-13), en su artículo “After Hubbert. The Fossil Fuels”, la manera de racionalizar el consumo de energía es contribuir al diseño de un modelo energético más sostenible ambientalmente, empezando con una lenta transición entre el sistema energético actual y precisamente las energías renovables, como las que se pueden observar en la *Figura 1-1*.



**Figura 1-1 Energías Renovables**

Fuente: <http://erenovable.com/>

### ***1.1.2 Tipos de energías renovables***

Se considera como las principales fuentes de energías renovables, las expuestas a continuación:

- Energía Eólica
- Energía Geotérmica
- Energía Hidráulica
- Energía Solar

#### ***1.3.4.1 Energía Eólica***

La existencia de un gradiente térmico y de presión, genera una fuerza que produce el movimiento de masas de aire y esto en consecuencia origina al viento, el aprovechamiento energético de este, se encuentra determinado por las características locales o circulación a pequeña escala definida por la situación geográfica, latitudinal y altura, entre otras, lo que condiciona a la distribución espacial de energía eólica a la topografía de la zona, como lo indica (Domínguez 2002a, pp.79-80).

Las características de la topografía de la zona, además de la potencia demandada, serán decisivos a la hora de evaluar la instalación de los aerogeneradores, y determinar si la ubicación de este debe ser aislada o en un parque eólico.

#### ***1.1.2.2 Energía Geotérmica***

El calor producido en el interior de la Tierra se denomina energía geotérmica, este calor es producido por la desintegración de isótopos radioactivos contenidos en rocas, esta transferencia de calor a la superficie es muy lenta, debido a la baja conductividad térmica de los materiales implicados. (Domínguez 2002b, p.91).

El calor producido puede aprovecharse de dos maneras: aplicaciones con calor o producción de electricidad, es decir caldeoamiento geotérmico o centrales geotérmicas respectivamente.

#### ***1.1.2.3 Energía Hidráulica***

Este tipo de energía es la más conocida y usada en nuestro medio, se obtiene de la transformación de la energía cinética del agua y puede ser aprovechada de dos formas: como energía mecánica y en la producción de energía eléctrica.

#### 1.1.2.4 Energía Solar

Al ser las energías renovables, energías provenientes de fuentes disponibles en la naturaleza, en cantidades ilimitadas y sin costo alguno, su investigación y estudio en los últimos años ha crecido tanto como su uso. Para el desarrollo del presente proyecto se describirá a la energía solar como principal fuente de energía.

La energía solar, es la obtenida directamente del sol y puede ser aprovechada de dos maneras:

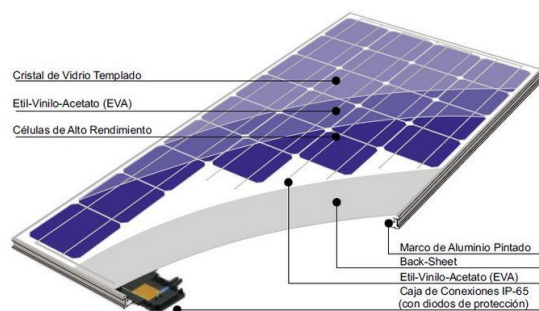
- Transformación de la radiación solar en electricidad
- Transformación de la radiación solar en calor

##### *Transformación de la radiación solar en electricidad.*

Esta transformación se denomina también energía solar fotovoltaica, “el efecto fotovoltaico; convierte la energía luminosa que transportan los fotones de luz, en energía eléctrica capaz de impulsar los electrones despididos del material semiconductor a través de un circuito externo. (Barrera 2010. p.13)

La captación de esta energía se realiza a través de paneles solares fotovoltaicos que están constituidos por láminas de silicio divididas en celdas que transforman la energía solar en forma de radiación en una determinada cantidad de corriente continua.

La efectividad en su funcionamiento depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación.



**Figura 2-1 Panel Fotovoltaico y sus partes**

Fuente: <http://www.igepn.edu.ec/sistemas-de-alimentacion>

##### *Transformación de la radiación solar en calor.*

Es denominada energía solar térmica, su objetivo es transformar la radiación solar en calor, el mismo que será usado para diferentes fines, entre ellos, el calentamiento de agua de uso

doméstico, comercial e industrial. Este calor es empleado también para producir energía mecánica en un ciclo termodinámico y a través de un alternador generar energía eléctrica. (Martínez 2009, p. 17)

El uso de esta opción de generación es cada vez más grande dentro del país y el mundo por el gran ahorro de recursos que su uso produce en consecuencia



**Figura 3-1 Calentador Solar**

Fuente: <http://riosolarenergy.com/>

## **1.2 Calentadores Solares**

### **1.2.1 Generalidades**

Como anteriormente se expuso, el uso de calentadores solares es cada vez más frecuente en nuestro medio, por las múltiples ventajas que estos ofrecen destacando principalmente el ahorro económico que representan al reemplazar el uso de combustibles fósiles, además del aporte medioambiental que realizan.

Un calentador solar convierte la energía solar en calor, el mismo que se emplea para calentar un fluido de manera eficiente, su uso generalmente es doméstico pero también son empleados en el área de la salud, comercial, industrial, entre otros, gracias al sinnúmero de beneficios que brinda esta alternativa.

### **1.2.2 Componentes de un Calentador Solar**

Un calentador solar se compone por dos partes principales como se observa en la *Figura 4-1*:

- Colector Solar
- Tanque de Almacenamiento Térmico





**Figura 4-1 Partes de Calentador Solar**

Fuente: <http://calentador.mx/>

#### *1.2.2.1 Colector Solar*

El colector solar está constituido por la placa absorbente, que es la encargada de la captación de la radiación solar en forma de calor y su posterior transferencia al fluido que se desea calentar, la forma en la que la radiación es absorbida dependerá del tipo de calentador se esté empleando, pero el más usado en la actualidad es el calentador solar cuya placa de absorción está construida a base de tubos de vacío conectados en paralelo, a través de los cuales el agua circulará ganando calor.

#### *1.2.2.2 Tanque de Almacenamiento Térmico*

El tanque de almacenamiento térmico o conocido también como termotanque, es un depósito encargado de almacenar el agua caliente después de que esta haya sido calentada por la placa de absorción de radiación solar, el mismo que se encuentra herméticamente cerrado para evitar fugas, además este tanque de almacenamiento posee aislamiento térmico de alta eficiencia para evitar pérdidas de temperatura conservando el calor del fluido.

El dimensionamiento de este tanque dependerá de la demanda de fluido que se requiera.

### *1.2.3 Tipos de Calentadores Solares*

Existen algunos tipos de calentadores solares, que se diferencian por la temperatura a la que puedes calentar el fluido, por su construcción, entre otras características, dentro de estos tipos se tiene:

- Captadores Planos con cubierta
- Captadores concentradores parabólicos
- Captadores Planos sin cubierta
- Captadores de tubos de vacío

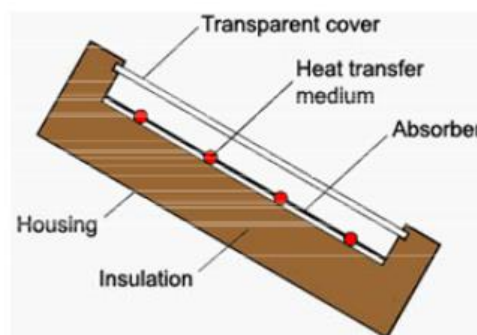
### 1.2.3.1 Captadores Planos con cubierta

Un colector de este tipo se compone de una caja metálica con aislamiento de vidrio o plástico en su cubierta, y una placa que absorberá la radiación solar de color oscuro. Estos captadores calientan el fluido a una temperatura no muy alta en comparación con los otros captadores, se usan en aplicaciones que requieran una temperatura de 30 a 70°C aproximadamente.

El colector consiste en la placa que absorbe la radiación, una cubierta transparente, un marco y el aislamiento como se puede observar en la *Figura 5-1*. La acción de la cubierta como indica (Placco, Saravia y Cadena 2013a, p. 2), transmite gran cantidad de luz de onda corta del espectro solar y poca radiación de onda larga, produciendo un efecto invernadero, además de evitar que el viento se lleven el calor colectado.

El marco junto con la cubierta, protege a la placa de absorción, de las condiciones meteorológicas adversas.

La aislación se encarga de evitar las pérdidas de calor en el almacenamiento del fluido.



**Figura 5-1 Captador plano con cubierta y sus partes**

Fuente: (Placco, Saravia, & Cadena, 2013, p.2)

### 1.2.3.2 Captadores concentradores parabólicos

Su construcción está diseñada con el fin de obtener temperaturas mucho más elevadas que los demás captadores y un rendimiento mayor, el área de pérdidas es menos al área de captación de calor como muestra la *Figura 6-1*.



**Figura 6-1 Captador concentrador parabólico**

Fuente: (Placco, Saravia, & Cadena, 2013,p.3)

#### *1.2.3.3 Captadores Planos sin cubierta*

Estos captadores son los más sencillos y económicos, poseen el captador de energía pero carecen de aislamiento y cubierta transparente, por esto su temperatura está limitada a los 20°C, y es empleado en aplicaciones de baja temperatura.



**Figura 7-1 Captador plano sin cubierta**

Fuente: (Placco, Saravia, & Cadena, 2013)

#### *1.2.3.4 Captadores de tubos de vacío*

Estos captadores están compuestos por varios tubos de vacío que contienen un captador interno, que suele ser una plancha de metal con tratamiento selectivo o de color negro, que recoge la energía solar y transfiere a un fluido portador. Por las propiedades del vacío, las pérdidas de calor son mínimas y alcanza altas temperaturas de entre 70 a 150°C. (Placco, Saravia y Cadena 2013b, p.2)

Al ser cilíndrica su forma constitutiva, se aprovecha la radiación de manera más efectiva que los colectores planos, ya que el sol incide perpendicularmente sobre estos, teniendo un 30% más de

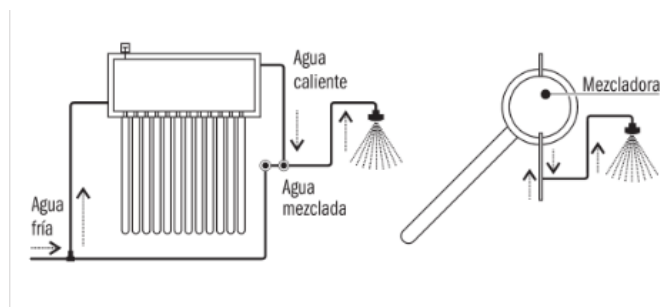
eficiencia, estos captadores se emplean en aplicaciones que requieran altas temperaturas o también se emplean domésticamente en zonas en de poca radiación solar.

Por sus características y el método emplead para intercambiar calor entre la placa y el fluido, los captadores de tubos de vacío pueden ser de dos tipos:

- De flujo directo
- De tubo de calor

#### *De flujo directo*

Estos tubos de vacío se denominan también termosifónicos, poseen en su interior una aleta de aluminio conectada a un tubo de metal, o un tubo de vidrio, esta aleta posee un recubrimiento que es el encargado de absorber la radiación solar. El fluido es distribuido a través de las tuberías debido al cambio de densidad del fluido, a mayor temperatura asciende, y a menor temperatura desciende como muestra la *Figura 8-1*. Normalmente estos tubos trabajan a presión atmosférica (Bérriz y Álvarez 2008, p.64)



**Figura 8-1 Esquema funcionamiento, tubo de vacío de Flujo directo**

Fuente: (Bérriz y Álvarez 2008)

#### *De tubo de calor*

Este tipo de tubo de vacío lleva en su interior un fluido vaporizante que tiene la función de transportar el calor, el mismo que cumple con el siguiente ciclo: se evapora a causa de la radiación solar, ascendiendo hasta el extremo superior del tubo que posee una temperatura inferior haciendo que el vapor se condense y ceda su energía, regresa a su estado líquido y desciende por acción de la gravedad a la parte inferior del tubo, en donde al contacto con la radiación solar, repite el ciclo.

#### **1.2.4 Funcionamiento del Calentador Solar**

Se detallará a continuación la función del calentador solar cuyo colector está construido a base de tubos de vacío de flujo directo.

Inicialmente el calentador debe tener el colector solar y tanque de almacenamiento térmico correctamente instalados, el tanque de almacenamiento térmico deberá estar totalmente lleno del fluido que se desea calentar en temperatura baja.



**Figura 9-1 Calentador Solar con fluido baja temperatura**

Fuente: <http://calentador.mx>

A medida que el colector solar recibe la radiación solar a través de los tubos de vacío, comienza a calentarse y a la vez eleva la temperatura del fluido que está en contacto con estos, al calentarse, el fluido pierde densidad elevándose hacia el tanque de almacenamiento térmico, desplazando hacia abajo al fluido con mayor densidad, es decir al fluido con menor temperatura como se observa en la *Figura 10-1*.



**Figura 10-1 Calentador Solar en proceso de calentamiento**

Fuente: <http://calentador.mx>

El fluido con mayor temperatura se almacena en el tanque y el proceso de descenso de fluido con menor densidad es repetitivo hasta lograr que todo el fluido en el interior de tanque se encuentre a temperatura máxima. El tiempo de calentamiento del fluido al interior del tanque de almacenamiento varía de acuerdo a varios factores como: la intensidad de radiación solar existente, la posición del calentador solar con respecto a la radiación, entre otras.



**Figura 11-1 Calentador Solar con fluido a alta temperatura**

Fuente: <http://calentador.mx>

### **1.2.5 Rendimiento del Sistema de Calentamiento Solar**

El rendimiento del sistema de calentamiento solar puede calcularse a través de la comparación de la radiación solar disponible en un periodo de tiempo y el aumento de la temperatura del agua en el interior de tanque de almacenamiento térmico, de este modo , el rendimiento del sistema está dado por la relación descrita en la *Ecuación 1-1* , propuesta por (Duffie y Beckman 1991b, p.80):

#### **Ecuación 1-1 Rendimiento de Sistema de Calentamiento Solar**

$$\eta = \frac{m \times C_p \times (T_f - T_i)}{I_g \times A_{col}}$$

*En donde:*

$m$  = masa del agua en Kg

$C_p$  = calor específico a presión constante del agua, igual a 4185 [J / Kg.°C]

$T_f$  = Temperatura final del agua en °C

$T_i$  = Temperatura inicial del agua en °C

$I_g$  = radiación global en el plano del captador [ $W/m^2$ ] , que para un día con cielo limpio, cerca del medio día presenta valores entre 800 y 1000  $W/m^2$

$A_{col}$  = área del colector en  $m^2$

## **1.3 Sistema SCADA**

### ***1.3.1 Introducción***

Los Sistemas Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA), son sistemas utilizados en procesos industriales que permiten adquirir datos, los mismos que serán usados para ser monitoreados, y analizados históricamente para de ellos poder concluir comportamientos y tomar decisiones de funcionamiento.

Este sistema de control consiste, como explica (Chacón, Dijort y Castrillo 2001b, p.7-8 ), en una computadora principal o Master Terminal Unit (MTU); una o más unidades control obteniendo datos de campo o Remote Terminal Unit (RTU); y una colección de software estándar y/o a medida usado para monitorear y controlar remotamente dispositivos de campo.

Los sistemas SCADA ofrecen mejor cobertura geográfica, en comparación a otros sistemas de adquisición de datos permitiendo ubicar las RTU en distribuciones territoriales mucho mayores.

Este sistema puede manejar tres tipos de datos:

- Datos Analógicos: podrán ser resultado de la lectura de una variable física, estos datos pueden ser usados para mostrarse en histogramas permitiendo mejor visualización de los mismos.
- Datos Digitales: serán señales de entrada o salida que generen una acción, que indiquen un cambio de estado, etc.

### ***1.3.2 Objetivos del Sistema SCADA***

Los Sistemas SCADA al ser una herramienta de supervisión y control, tiene como objetivos los siguientes:

*Mantenimiento:* Analizando el uso y comportamiento del sistema se conoce el desempeño del mismo para de esta manera aplicar algún tipo de mantenimiento de ser necesario, programando al sistema que active una alerta después de un número determinado de activaciones o si este presenta un comportamiento fuera de los parámetros normales.

*Economía:* El uso de un Sistema SCADA reduce considerablemente el gasto económico de una empresa, ya que elimina casi en su totalidad la intervención humana dentro del proceso.

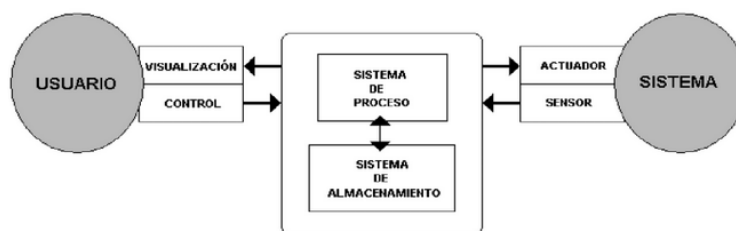
*Accesibilidad:* Un sistema SCADA al permitir modificar de forma remota parámetros de funcionamiento, optimiza los recursos q se hubieran empleado en caso de tener que movilizarse a zonas distantes, de difícil acceso para realizar estos cambios.

*Gestión:* Los datos obtenidos de un proceso, pueden ser posteriormente analizados para en base a ellos tomar decisiones sobre el sistema, dando la posibilidad de corregir posibles fallos o mejorar el proceso que se está evaluando.

### 1.3.3 Arquitectura del Sistema SCADA

Un sistema SCADA está dividido en tres bloques principales, como muestra la *Figura 12-1*:

- Software de adquisición de datos y control
- Sistemas de adquisición y mando
- Sistemas de interconexión



**Figura 12 -1 Arquitectura Sistema SCADA**

Fuente: (Rodríguez Penin, 2011a, p 29.)

#### 1.3.3.1 Software de Adquisición de Datos y Control

Es la herramienta que tiene el usuario para acceder a la información adquirida y procesada, generalmente es un ordenador anteriormente descrito como Master Termina Unit que a través de un software nos permite la observación de los parámetros medidos y el control del proceso al que esta aplicado el sistema SCADA.

Las funciones principales de una MTU de SCADA son: (Rodríguez Penin 2011b,p.31)

- Adquisición de datos. Adquisición de los datos de los RTU's.
- Trending. Almacenamiento de los datos y visualizarlos a través de gráficos
- Procesamiento de Alarmas. Procesar los datos obtenidos y establecer rangos nominales, generando alertas en caso de no encontrarse dentro de estos.
- Control. Toma de decisión frente al proceso, en base a los datos.
- Interfaces con otros sistemas. Integración del sistema SCADA con otros sistemas como bases de datos.



#### *1.3.3.2 Sistemas de Adquisición y Mando*

En estos sistemas se considera los parámetros que el sistema medirá, es decir las variables que controlan el proceso que se busca monitorear, así como también las señales que se quieren enviar a los actuadores para realizar un control sobre el sistema, es decir es la parte de hardware del sistema SCADA.

Generalmente la adquisición de datos y el envío de señales se hace a través de controladores programables, que se seleccionan de acuerdo a la aplicación en la cual serán usados. En la actualidad existen un sin número de controladores que se emplean en este tipo de sistemas de monitoreo.

#### *1.3.3.3 Sistemas de Interconexión*

En este bloque se detallarán los diferentes tipos de comunicaciones que pueden ser empleadas para transferir la información adquirida por los RTU's hasta el MTU. Este tipo de comunicación depende directamente del tipo de aplicación en la que el sistema SCADA va a ser usado, para garantizar la correcta transmisión de información, la interferencia que puede existir y afectar a la comunicación empleada, etc.

Se conocen algunos protocolos de comunicación y de transporte de información como son:

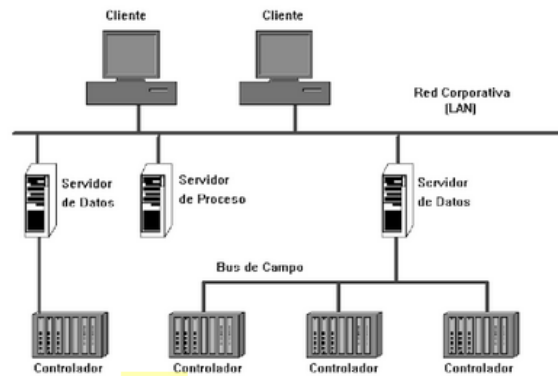
- Línea telefónica
- Ethernet
- Cable coaxial
- Fibra Óptica
- Telefonía celular (GPRS, GSM, 3G)
- Radio (enlaces de radio VHF, UHF, Microondas)

#### *1.3.4 Hardware del Sistema SCADA*

El hardware de un Sistema SCADA consta de dos bloques principales:

*Captadores de datos:* son los dispositivos encargados de la obtención y recopilación de datos de los elementos que controlan el sistema, para su posterior análisis y uso. Estos son llamados también los servidores del sistema.

*Utilizadores de Datos:* Estos usan la información recopilada por los captadores de datos, para su análisis, estos pueden ser herramientas de análisis de datos u operadores del sistema, se conocen también como clientes.



**Figura 13 -1 Arquitectura Hardware Sistema SCADA**

Fuente: (Rodríguez Penín, 2011c. p.28.)

Los datos obtenidos por los clientes son los que se evalúan en busca de tomar decisiones oportunas en beneficio del proceso, manteniendo bajo condiciones nominales de funcionamiento las variables del sistema.

Los controladores del proceso que por lo general son autómatas programables, están encargados de enviar la información obtenida a los servidores de datos, los mismos que intercambian esta información con niveles superiores del sistema automatizado, estos sistemas están constituidos por los siguientes elementos:

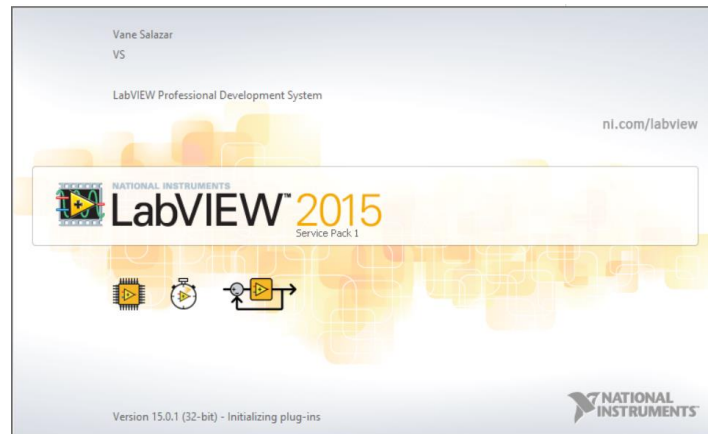
- Interface Hombre – Máquina
- Unidad Central
- Unidad Remota
- Sistema de Comunicaciones

### ***1.3.5 Software de un sistema SCADA***

El software del sistema es un programa de tipo HMI, que se ejecuta en un ordenador o terminal gráfico, el mismo que tendrá la capacidad de comunicarse con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión, existen diferentes softwares para desarrollo de HMI, en este caso se describirá al software empleado en el proyecto, Ni LabVIEW.

#### 1.3.5.1 Software de Desarrollo de Sistemas NI LabVIEW

LabVIEW es un software desarrollado por Nacional Instruments como se muestra en la *Figura 14-1*, enfocado en ingeniería para aplicaciones de tipo industrial principalmente, tiene un lenguaje de programación grafica que emplea un modelo de flujo de datos, reemplazando al código de texto, su entorno de desarrollo es amigable con el usuario y permite desarrollar el diseño visual y programar su funcionamiento a la par.



**Figura 14 -1** Página de inicio LabVIEW 2015

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### 1.4 Comunicación 3G

#### 1.4.1 Introducción

La comunicación 3G o Tercera generación, nace a partir del deseo de mejorar y complementar las tecnologías anteriormente existentes, dándole como ventaja adicional la de poder estar conectado a internet desde un dispositivo móvil de forma inalámbrica, además de una notable mejora en la velocidad de transmisión de datos, mejor calidad, confiabilidad y mayor ancho de banda.

Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

### 1.4.2 Características de la Comunicación 3G

Los sistemas de tercera generación de acuerdo a (Vasquez Rojas 2008a, pp. 40-41) deberán proveer soporte para aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Apoyo para datos a alta velocidad, entrega de información y acceso remoto inalámbrico a Internet e intranets.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real, aplicaciones multimedia especializadas.

**Tabla 1-1: Generaciones de la Telefonía celular, características.**

	<b>1G</b>	<b>2G</b>	<b>3G</b>
	Analógico	Digital	Digital
<b>Técnica de acceso</b>	FDMA	TDMA	CDMA
<b>Servicios</b>	Voz	Voz, SMS	Aplicaciones audio y video en tiempo real, videoconferencia, acceso rápido a Internet,
<b>Sistema</b>	AMPS, NMTS450, TACS, NTT	D-AMPS, GSM, IS-136, CDMAone, PDC	UMTS, WCDMA

Realizado por: (Vasquez Rojas 2008)

Fuente: (Vasquez Rojas 2008b, p 42.)

## 1.5 Sistemas de Control

### 1.5.1 Introducción

Si se habla de control, las teorías más conocidas a cerca de este son: la teoría de control clásico, la teoría de control moderno y la teoría de control robusto, se debe enfatizar que el control automático se ha convertido en parte esencial en el desarrollo de la ingeniería, tecnología e industria.

Al analizar los desarrollos históricos a cerca del control se destaca, el que para muchos fue el primer trabajo significativo en control automático, el regulador de velocidad centrífugo de James Watt, para el control de la velocidad en máquinas de vapor, a partir de este y gracias al valioso aporte de Minorky, Hazen y Nyquist entre otros, se han desarrollado los conceptos y teorías que han constituido lo que ahora se conoce como control automático.

### *Teoría de control clásica*

Trata sistemas constituidos por una entrada y una salida, y pierde su potencialidad cuando se trabaja con sistemas de entradas y salidas múltiples.(Ogata 2010, pp.2-3)

### *Teoría de control moderna*

Se basa en el análisis en el dominio del tiempo y a partir de variables de estados, esta teoría simplificó el diseño de los sistemas de control al basarse en un sistema real que se busca controlar.

### *Teoría de control robusta*

Esta teoría diseña al sistema de control definiendo primero el rango de posibles errores y después diseñando el controlador, para que de existir error y al encontrarse este dentro del rango establecido, el sistema de control permanezca estable.

## **1.5.2 Definición**

Se citarán algunas definiciones de Sistema de control que se han considerado más apropiadas para el proyecto a desarrollar:

A los sistemas de control, (Balcells y Romeral 1997, p.1) lo definen como “la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado planta, a través de otro llamado, sistema de control, es decir se busca gobernar una planta sin que el operador intervenga directamente sobre sus elementos de salida”.

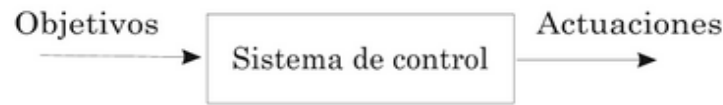
(Sarasola 2007, p.2) define a los sistemas de control, como “aquel sistema que es capaz de controlar una variable de salida tal como tensión, presión, etc., sin intervenir el factor humano”.

En su libro, (García 2003a, p.4), define a un sistema de control como aquel “sistema que ante unos objetivos determinados responde con una serie de actuaciones”.

Según (Bahón y Giner 2004a, p.31), un sistema de control “es aquel constituido por un conjunto de elementos conectados de forma que permiten regular o gobernar otro sistema, denominado planta o proceso”.

Después de analizar lo anteriormente expuesto, se puede definir a criterio propio, que un sistema de control es la intervención sobre las variables de un sistema, para modificar al proceso de tal

manera que se obtenga a la salida, un comportamiento deseado de la misma, sin intervención humana dentro de este proceso.



**Figura 15 -1 Sistema de Control**

Fuente: (García 2003b , p. 5.)

### ***1.5.3 Elementos de un Sistema de Control***

Es necesario definir los elementos característicos de un sistema de control, entre los cuales se tiene:

*Variable a controlar o manipular:* es la señal de salida del sistema, es la variable que se desea adquiera valores determinados, después de modificar el controlador para afectar su valor.

*Planta o sistema:*  $G(s)$  , son el conjunto de elementos destinados a cumplir con una operación en particular dentro del proceso.

*Sensor:*  $H(s)$  , este elemento permite obtener el valor de la variable a controlar, mediante la transformación de una magnitud física en una magnitud comprensible para el controlador, generalmente eléctrica, dentro de un periodo determinado de tiempo.

*Señal de referencia:* es la señal que se desea obtener a la salida del sistema después de aplicar un control.

*Actuador:* este es el encargado de modificar a la señal de salida, mediante su actuación sobre el sistema.

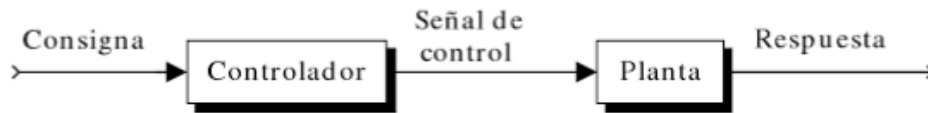
*Controlador:*  $G_c(s)$  este elemento comanda al actuador en función de la salida deseada, controla el comportamiento global del proceso y se conoce también como regulador o compensador.

### ***1.5.4 Tipos de Sistemas de Control***

Existen dos tipos de sistemas de control que se describirán a continuación:

### *Sistema de Control en Bucle Abierto:*

Es el sistema de control en el que la salida del proceso a controlar no afecta la acción de control, este tipo de sistema es sensible a perturbaciones y variaciones ya que no mide la salida, ni la compara con la entrada para conocer su resultado como muestra la *Figura 16-1*.



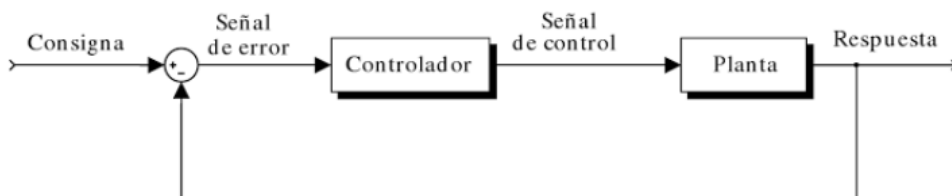
**Figura 16-1 Sistema de control en bucle abierto**

Fuente: (Bahón y Giner 2004b, p 32.)

### *Sistema de Control en Bucle Cerrado:*

Se conocen también como sistemas retroalimentados o feedback, (Bahón y Giner 2004c, p.34) lo definen como el uso de una diferencia de señales, comparando el valor real de la variable del proceso y el deseado, como medio para controlar un sistema

Esta realimentación de la señal controlada, para ser comparada con la entrada de referencia, se realiza con el objetivo de reducir el error y llevar al sistema a un valor determinado.



**Figura 17-1 Sistema de control en bucle cerrado**

Fuente: (Bahón y Giner 2004d , p.35.)

Se ha realizado un cuadro comparativo de los sistemas de bucle abierto y bucle cerrado en función a sus ventajas y desventajas, mostrados en la *Tabla 2-1*:

**Tabla 2-1: Análisis comparativo entre sistemas de bucle abierto y bucle cerrado**

<i>Sistema de control</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<i>Bucle Abierto</i>	Fácil diseño e implementación Menos costo de implementación Sistema útil en procesos cuya salida no es susceptible de medición. No tiene problemas de estabilidad	Susceptible a perturbaciones que generan errores y no garantizan la obtención salida deseada Calibración periódica necesaria en busca de la salida deseada
<i>Bucle Cerrado</i>	La realimentación hace a la salida del sistema insensible ante perturbaciones La salida no es afectada por las variaciones internas del sistema	La estabilidad puede conducir a un exceso de errores Tiene costes y potencias más grandes

Realizado por: Salazar-Cujilema 2017

Fuente: (Ogata 2010, pp. 7-8)

### **1.5.5 Clasificación de los Controladores**

En general los controladores en los sistemas de control detectan y corrigen la diferencia entre la salida del sistema y un valor de referencia, se clasifican de acuerdo a sus acciones de control, estas son:

- De dos posiciones o controladores ON-OFF
- Controladores Proporcionales
- Controladores Proporcionales – Integrales
- Controladores Proporcionales – Derivativos
- Controladores Proporcionales – Integrales – Derivativos o PID

#### **1.5.5.1 De dos posiciones o Controladores ON – OFF**

Este controlador es el más simple de los controladores, posee únicamente dos posiciones fijas, de encendido y apagado.

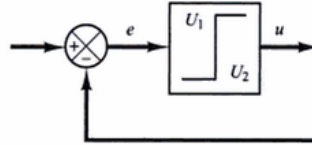
Si suponemos que la señal de salida del controlador es  $u(t)$  y la señal de error es  $e(t)$ , en este control de dos posiciones,  $u(t)$  permanece en un valor máximo o mínimo, dependiendo de si la señal es positiva o negativa. (Ogata 2010 p 22.)



### Ecuación 2-1 Controlador ON – OFF

$$u(t) = \begin{cases} U_1, & \text{para } e(t) > 0 \\ U_2, & \text{para } e(t) < 0 \end{cases}$$

Donde  $U_1$  ,  $U_2$  son constantes.



**Figura 18-1 Control ON-OFF**

Fuente: (Ogata 2010. p 23.)

#### 1.5.5.2 Controladores Proporcionales

En este tipo de controlador existe una relación entre la salida del controlador y la señal de error, dada de la siguiente forma:

### Ecuación 3-1 Controlador Proporcional

$$u(t) = K_p e(t)$$

O transformadas por el método de Laplace,

### Ecuación 4-1 Función de Transferencia Controlador Proporcional

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p$$

Donde  $K_p$  se considera la ganancia proporcional.

#### 1.5.5.3 Controlador Proporcional Integral

Un controlador proporcional integral (PI) se define de la siguiente forma:

### Ecuación 5-1 Controlador Proporcional Integral

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

o la función de transferencia del controlador es :

### **Ecuación 6-1 Función de Transferencia Controlador PI**

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Donde  $T_i$ , se considera el tiempo integral.

#### *1.5.5.4 Controlador Proporcional Derivativo*

El controlador Proporcional Derivativo (PD) define su acción de control de la siguiente manera:

### **Ecuación 7-1 Controlador Proporcional Derivativo**

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

O su función de transferencia es:

### **Ecuación 8-1 Función de Transferencia Controlador PD**

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s)$$

Donde  $T_d$ , se considera el tiempo derivativo.

#### *1.5.5.5 Controlador Proporcional Integral Derivativo*

Este controlador es la combinación de un controlador proporcional, control integral y control derivativo y se denomina controlador proporcional integral derivativo y posee las ventajas de estas tres acciones de control, la ecuación de este controlador viene dada por:

### **Ecuación 9-1 Controlador Proporcional Integral Derivativo**

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Y su función de transferencia es:

### **Ecuación 10-1 Función de Transferencia Controlador PID**

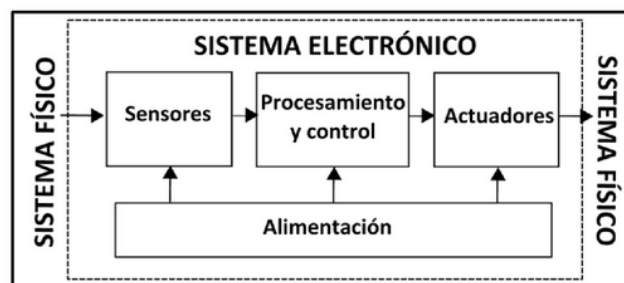
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

## 1.6 Hardware y Software Arduino

### 1.6.1 Introducción

Un sistema electrónico está formado por un conjunto de elementos como son sensores, circuitería, actuadores y alimentación.

Los sensores son los encargados de transformar una magnitud física a una magnitud eléctrica, para ser entregada a la circuitería del sistema para su procesamiento, la circuitería del sistema controla el proceso en función del hardware del sistema así como del conjunto lógico de instrucciones que se haya pregrabado para su ejecución y envían una señal a los actuadores en busca de que ejecuten una acción en base a las instrucciones previamente determinadas.



**Figura 19-1 Sistema Electrónico Arduino**

Fuente: (Artero 2013a, p. 63)

### 1.6.2 Generalidades

Una placa Arduino es definida por (Artero 2013b, p.63-64), como: ‘una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra que permite conectar de forma sencilla diferentes sensores y actuadores’.

Las placas Arduino llevan incorporado un microcontrolador de tipo AVR, con arquitectura desarrollada por la marca ATMEL, su diseño está basado en una placa anteriormente existente denominada Wiring.

El software empleado por Arduino como entorno de desarrollo es gratis, libre y multiplataforma, este tiene la función de escribir, verificar y guardar las instrucciones a ejecutar en la memoria del microcontrolador, además de brindar la posibilidad de poder monitorear a través de puerto serial instrucciones del sistema. El lenguaje de programación de Arduino se basa internamente en código C/C++.

### **1.6.3 Ventajas del uso la placa de desarrollo Arduino**

A pesar de la existencia de diferentes marcas y modelos de placas de desarrollo, el uso de Arduino ofrece un sinnúmero de ventajas que se describirán a continuación:

*Libre y extensible:* Arduino ofrece la posibilidad de ampliar y mejorar su diseño original en función de los requerimientos de la aplicación a desarrollar, tanto en hardware como en software, al poder desarrollar placas no oficiales, librerías propias, etc.

*Comunidad:* Arduino posee un gran número de usuarios que aportan continuamente con documentación adicional que contribuyen al conocimiento de los desarrolladores.

*Reutilizable:* las placas Arduino pueden ser empleadas en diferentes proyectos al ser posible su reprogramación y reconexión según la aplicación.

*Versátil:* Al poseer diferentes tipos de entradas y salidas de datos, permiten la conexión de diferentes sensores y actuadores adaptándose a diferentes proyectos.

*Costo:* Las placas Arduino se caracterizan por su bajo costo frente a otras placas de desarrollo.

### **1.6.4 Características de la placa de desarrollo Arduino UNO**



**Figura 20-1 Placa de Desarrollo Arduino UNO**

Se describirán las principales características de la placa de desarrollo Arduino, en su modelo Arduino UNO, mostrado en la *Figura 20-1*:

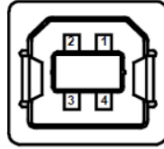
#### ***Alimentación***

El voltaje de alimentación de la placa de desarrollo Arduino y de todos sus componentes es de 5V, se puede alimentar al Arduino de diferentes maneras:

*Fuente externa:* puede ser un adaptador AC/DC o una batería, el adaptador posee un zócalo tipo Jack de 2.1 mm, para la batería, los cables salientes de los bornes pueden conectarse a los pines de

“Gnd”, “Vin”. En ambos casos la placa está preparada para recibir una alimentación de 6 a 20 VDC, pero el rango recomendado es de entre 7 a 12 VDC.

*Conexión mediante USB:* El Arduino posee un conector USB hembra de tipo B como se observa en la *Figura 21-1*, el voltaje de alimentación estará regulado permanentemente a los 5VDC y un máximo de 500 mA de corriente.



**Figura 21-1 Conector Arduino**

Fuente: <http://digital.ni.com/>

### *Chip ATmega 16U2*

La conexión USB además de alimentar a la placa permite transmitir los datos entre el computador y la placa, esto es posible gracias a un protocolo USB de tipo serie, el chip ATmega 16U2 es el encargado de realizar esta traducción, es un microcontrolador en sí mismo, y su función dentro de Arduino es realizar esta interpretación.

### *Entradas y Salidas Digitales*

La placa Arduino tiene 14 pines de entradas o salidas digitales, desde la 0 a la 13, en estos pines pueden ser conectados sensores o actuadores, en función de los requerimientos del desarrollador, definiendo el tipo de pin que será en las líneas de programación.

### *Entradas Analógicas*

La placa Arduino dispone de 6 entradas analógicas, etiquetados desde A0 hasta A5, que puede recibir voltajes desde 0 a 5 V.

### *Salidas Analógica (PWM)*

Estas salidas varían progresivamente su voltaje de salida, con la finalidad de manipular la velocidad de un motor, la intensidad de la luz, entre otras.

Arduino function				Arduino function
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1	20	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13) analog input 5
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12) analog input 4
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11) analog input 3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10) analog input 2
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9) analog input 1
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8) analog input 0
VCC	VCC	7	22	GND GND
GND	GND	8	21	AREF analog reference
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC VCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5) digital pin 13
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4) digital pin 12
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3) digital pin 11 (PWM)
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2) digital pin 10 (PWM)
digital pin 8	(PCINT0/CLKO/CP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1) digital pin 9 (PWM)

Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MISO, MOSI, SCK connections

**Figura 22-1 Hoja de datos microcontrolador ATmega 328P**

Fuente: (Artero 2013)

## 1.7 Módulo GSM - SIM900

### 1.7.1 Características

El módulo GSM – SIM900 que se observa en la *Figura 23-1*, permite comunicar al Arduino a través de tecnología inalámbrica GPRS de Tercera Generación, realizando llamadas telefónicas, enviando mensajes de texto, conectándose a internet, entre otras aplicaciones.

Este módulo se comunica vía UART empleando comandos AT, los mismos que vienen especificados en la hoja de datos de cada módulo, estos comandos permiten configurar y proporcionar instrucciones de funcionamiento según la operación que se desea realizar.

Estos comandos se envían al módulo de forma serial, pero también pueden ser enviados desde un controlador mediante RS232, que es una interfaz normalizada que permite el intercambio de datos de tipo binario entre un DTE y un DCE.



**Figura 23-1 Módulo SIM 900**

Fuente: <https://www.openhacks.com/>

## **1.8 Sensores**

### ***1.8.1 Introducción***

En la actualidad cada vez es más frecuente el uso de sensores en dispositivos de uso cotidiano debido a su capacidad de percepción similar a la del ser humano y sus diferentes sentidos como son: vista, oído, tacto, reaccionando así a la luz, sonido o contacto y ejecutando una acción en base a la captación de estas variables, permitiendo una interacción con el medio.

El uso de sensores provee a los dispositivos de autonomía e inteligencia al ser estos capaces de tomar decisiones en base a las señales captadas, y modificar su comportamiento en función de estas, reduciendo así la intervención humana en el desarrollo de cualquier actividad.

### ***1.8.2 Definición***

Un sensor se define, según (Areny 2004,p.3), como: “un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de una variable de medida”.

Se dirá entonces que, un sensor es un mecanismo que transforma magnitudes físicas a magnitudes eléctricas, aptas para ser medidas y operadas en función al sistema en el que se encuentren operando.

### ***1.8.3 Acondicionadores de Señal***

Se denomina acondicionadores de señal a los dispositivos que transforman una señal a otra de fácil lectura permite su procesamiento mediante medidores u otros aparatos. En general las principales funciones de los acondicionadores son:

- Amplificación
- Filtrado
- Linealización
- Modulación
- Excitación, etc.

Existen varias técnicas de acondicionamiento de señales, se describirá el acondicionamiento a través de microcontroladores, que será el acondicionamiento empleado en el sistema a diseñar:

El acondicionamiento de señal a través de microcontroladores permite procesar cualquier tipo de señal proveniente de un sensor, son capaces de captar señales muy bajas en magnitud, por esto generalmente son usados para amplificar las señales, pero también es posible procesarlas a través de los controladores para obtener una salida más fácil de manipular, son frecuentes las conversiones de señales analógicas a digitales.

#### ***1.8.4 Tipos de Sensores***

Para comprender la naturaleza y funcionamiento de un sensor es necesario clasificarlos de la siguiente manera:

##### ***1.8.4.1 Funcionamiento***

*Activos:* Estos sensores necesitan de una fuente externa que los alimente para empezar a funcionar.

*Pasivos:* Funcionan a partir de sus propias condiciones medioambientales sin necesidad del uso de una fuente externa.

##### ***1.8.4.2 Señal de Salida***

*Analógicos:* Sensores que entregan una señal de salida de tipo analógica es decir que puede tomar varios valores entre un mínimo y un máximo en un intervalo de tiempo

*Digitales:* La señal entregada por el sensor es de tipo digital, es decir puede tomar únicamente un valor de uno o cero.

##### ***1.8.4.3 Naturaleza de funcionamiento***

*Posición:* Son aquellos sensores que varían de acuerdo a la posición que ocupan en un tiempo.

*Fotoeléctricos:* Su variación depende de la incidencia de la luz sobre los mismos.

*Magnéticos:* Este sensor varía en función al campo magnético presente.

*Temperatura:* Experimentan variaciones según el cambio de temperatura existente en el medio.

*Humedad:* Detectan la variación de humedad existente.

*Presión:* Pueden determinar la cantidad de presión a la que son sometidos en un periodo.

*Movimiento:* Varía de acuerdo a la presencia o no de movimiento en el entorno.



#### 1.8.4.4 Material de Fabricación

*Mecánico:* Esta diseñado en base a contactos mecánicos que se abren o cierran para mostrar una señal

*Resistivos:* Emplean elementos resistivos en su fabricación y su señal de salida es resistencia.

*Capacitivos:* Usa condensadores en su fabricación.

*Inductivos:* Son empleadas bobinas para su construcción y obtención de señal de salida.

*Piezoelectricos:* Emplea cristales en su fabricación como el cuarzo.



**Figura 24-1 Tipos de sensores**

Fuente: <http://www.lostopos.com/de/sensores.html>

#### 1.8.5 Termistores

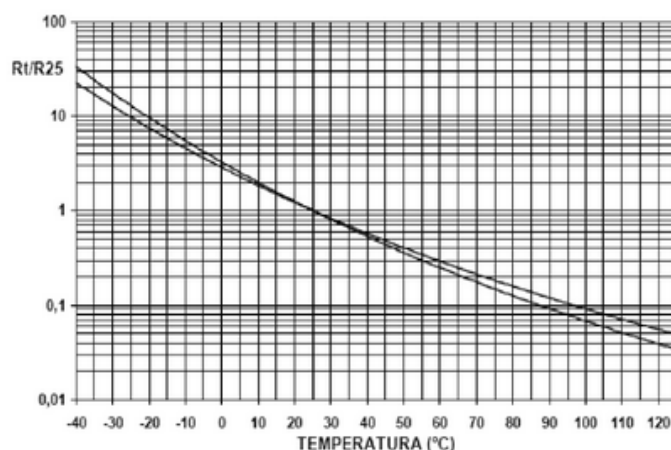
Los termistores son sensores de temperatura que tienen a la resistencia como variable de salida, la temperatura es una magnitud sumamente importante ya muchos materiales depende de esta.

Existen dos tipos de termistores, cuya diferencia radica en la variación de la resistencia eléctrica en función de la variación de temperatura, estos pueden ser:

##### 1.8.5.1 NTC (Negative Temperature Coefficient)

Está formado por un cuerpo poli cristalino de óxido de algunos metales, lo que permite captar variaciones mínimas y hacen de estos las más usados gracias a esta ventaja.

La curva característica de estos sensores es la siguiente:



**Figura 25-1 Relación Resistencia – Temperatura. Termistor NTC**

Fuente:(Serna, Ros y Rico 2010. p 38.)

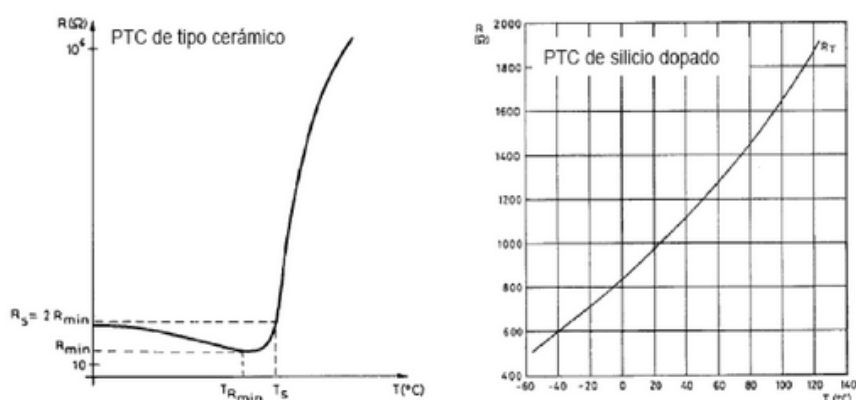
#### 1.8.5.2 PTC (Positive Temperature Coefficient)

Por su composición y dopado se reconocen dos tipos de termistores PTC:

*Termistor PTC de tipo cerámico:* presenta un cambio violento de resistencia al llegar a la temperatura de Curie, es decir la temperatura limite en donde las propiedades magnéticas desaparecen, por encima de este límite su valor es positivo y por debajo de este es negativo o casi nulo.

*Termistor PTC de silicio:* presenta una variación de temperatura menos perceptible.

Las curvas características de los termistores PTC son las siguientes:



**Figura 26-1 Relación Resistencia – Temperatura. Termistor PTC**

Fuente:(Serna, Ros y Rico 2010. p 39.)

## 1.9 Interruptores Electrónicos

### 1.9.1 Introducción

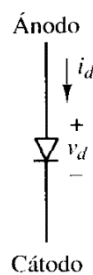
Los dispositivos semiconductores pueden ser configurados para emplearse como interruptores dentro del funcionamiento de un circuito,

### 1.9.2 Clasificación

Existen varios semiconductores empleados con ese fin, entre ellos se tiene:

#### 1.9.2.1 Diodo

Este interruptor electrónico es el más simple de todos, los valores de tensión y corriente del circuito, determinan el estado de conducción de este dispositivo, sin poder controlarse de ningún otro modo.



**Figura 27-1 Diodo rectificador**

Fuente: (Hart 2001a, p.4)

#### 1.9.2.2 Tiristores

Los tiristores se emplean en circuitos electrónicos de potencia, son dispositivos controlados que necesitan una señal para su activación, y poseen tres terminales en su constitución: ánodo, cátodo y puerta.

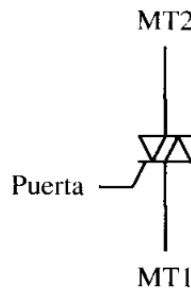
Los tiristores se caracterizan por soportar altas corrientes y altos voltajes por esto son empleados en aplicaciones de alta potencia, dentro de este tipo de interruptores controlados están: SCR, TRIAC, GTO y MCT.

En el sistema desarrollado se emplea en el circuito de potencia al TRIAC, cuyas características se describen a continuación:

## TRIAC

El TRIAC es un dispositivo de tres terminales, formado por dos SCR conectados en paralelo, capaz de conducir en cualquier dirección cuando está encendido, a diferencia del SCR.

Este dispositivo se emplea para controlar las cargas conectadas en un circuito y la corriente que fluye hacia ellas, está formado por tres terminales que son MT1, MT2 y G, su símbolo lo muestra la *Figura 28-1*.



**Figura 28-1 TRIAC**

Fuente: (Hart 2001b, p.5)

La señal de activación que debe aplicarse varía en cada encapsulado, pero se encuentra en el rango de entre 1 a 3 V y entre 30 a 50 mA. La elección del TRIAC varía de acuerdo a la aplicación, basándose principalmente en los datos característicos de la carga, determinándolos a través de la *Ecuación 11-1* para cálculo de potencia:

### **Ecuación 11-1 Ecuación de Cálculo de Potencia**

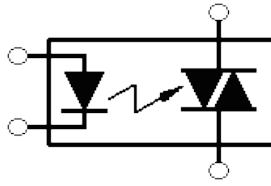
$$P = V \times I$$

Dónde,  $P$  = potencia medida en Watts [W]

$V$  = voltaje medido en Voltios [V]

$I$  = corriente medida en Amperios [A]

El TRIAC mostrad en la *Figura 29-1*, es comúnmente empleado en controles de potencia realizados a través de señales digitales, generadas desde un microcontrolador, cuando se presenta esta situación es indispensable aislar el circuito digital del circuito de potencia y la red de alimentación. Existen varias técnicas de aislamiento, la más conveniente es la técnica basada en opto acopladores, ya que su unidireccionalidad mantiene a la señal en un solo sentido.



**Figura 29-1 Diagrama Opto acoplador**

Fuente: <http://www.exa.unicen.edu.ar/>

Los opto acopladores además son capaces de conducir altos valores de corriente y por esto son aptos para el disparo de TRIAC de alta potencia.

### 1.9.2.3 Transistores

Los transistores al igual que los SCR y tiristores son empleados como interruptores en circuitos de potencia, la característica principal de los transistores es que poseen un control en la activación y también su desactivación puede ser controlada, dentro de los transistores se encuentran: BJT , MOSFT y dispositivos híbridos.

### 1.9.3 Disipadores

En el diseño de circuito electrónico, especialmente cuando el objetivo es controlar grandes cargas, es indispensable el uso de disipadores que son elementos que ayudan a la evacuación del calor proveniente de un dispositivo, ayudando así a evitar daños en el mismo y de esta manera asegurar el correcto funcionamiento del circuito.

Para calcular el disipador a emplear en determinado caso, es necesario establecer una Ley de Ohm Térmica, la misma que en los circuitos de calor, será análoga a los circuitos eléctricos, como explica (Triviño, Pozo y Triviño 2011a. p 1.):

#### **Ecuación 12-1 Ley de Ohm Térmica**

$$T_j - T_a = R_{th} t * (P)$$

En donde:

$T_j$  = Temperatura máxima de la unión del transistor

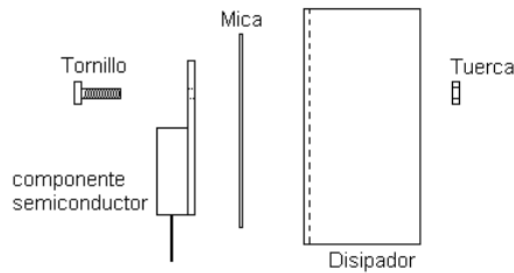
$T_a$  = Temperatura ambiente

$R_{th} t$  = Resistencia térmica total entre la unión y el ambiente

$P$  = Potencia disipada en forma de calor por el componente

En los circuitos electrónicos es necesario verificar si el uso de un disipador es imprescindible en su funcionamiento, este cálculo se realiza en función del dispositivo del cual el calor se quiera disipar.

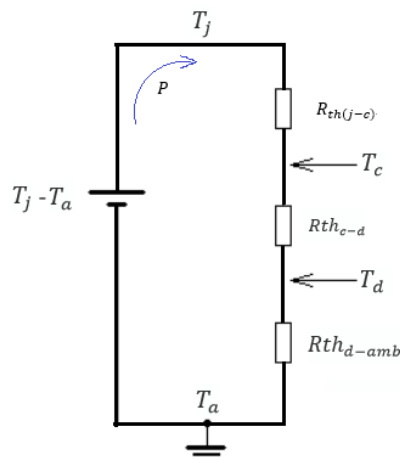
Cuando se ha determinado la necesidad de emplear un disipador, hay q calcular cual es el disipador que se usará, la *Figura 30-1*, muestra los elementos que conforma el componente semiconductor y su disipador de calor:



**Figura 30-1 Componente semiconductor y disipador**

Fuente: (Triviño, Pozo y Triviño 2011b. p 3.)

Estos mismos elementos se puede pasar a un diagrama de circuito térmico de la siguiente forma:



**Figura 31-1 Circuito térmico**

Fuente: (Triviño, Pozo y Triviño 2011c. p 3.)

En donde, en analogía con los circuitos eléctricos se determina:

### Ecuación 13-1 Resistencia térmica total

$$R_{th\ t} = R_{th_{j-c}} + R_{th_{c-d}} + R_{th_{d-amb}}$$

Y reemplazando en la ley de Ohm térmica se tiene:

### **Ecuación 14-1 Ley de Ohm térmica descompuesta**

$$T_j - T_a = P(R_{th_{j-c}} + R_{th_{c-d}} + R_{th_{d-amb}})$$

**Donde:**

$T_j$  = Temperatura máxima de la unión del transistor

$T_a$  = Temperatura ambiente

$T_c$  = Temperatura de la cápsula del transistor

$T_d$  = Temperatura del disipador

$R_{th_{j-c}}$  = Resistencia térmica entre la unión y la cápsula

$R_{th_{c-d}}$  = Resistencia térmica entre la cápsula y el disipador

$R_{th_{d-amb}}$  = Resistencia térmica entre el disipador y el aire

$P$  = Potencia disipada en forma de calor por el componente

A partir de esta ecuación junto con la hoja de datos del componente es posible determinar el valor de la resistencia térmica entre el disipador y el aire que es el valor que nos permitirá seleccionar el disipador a emplear.

## **1.10 Circuitos Impresos (PCBs)**

### ***1.10.1 Definición***

Los circuitos impresos o PCB, son placas aislantes empleadas en diferentes áreas para el diseño o modificación de dispositivos, contiene delgadas pistas de cobre que permiten la conexión eléctrica entre elementos, que serán montados sobre esta.

### ***1.10.2 Técnicas de Elaboración de PCBs***

Existen varias técnicas empleadas para la elaboración de PCBs, las mismas que serán clasificadas de la siguiente manera:

#### ***1.10.2.1 Transferencia del circuito a la placa***

Existen varias técnicas para transferir el circuito a la placa de cobre, entre ellas se consideran:

*Manual:* El circuito es realizado de forma directa en la placa de cobre, generalmente en diseños sencillos. Esto puede realizarse con tinta indeleble resistente al agua o con cintas adheribles, que formaran las pistas en la placa.

*Diseño Asistido por Computador o CAD:* esta técnica realiza un diseño previo del circuito que desea transferirse en la placa de cobre, esta transferencia puede hacerse de diversas formas, empleando papel transfer, mediante serigrafía o tarjeta sensibilizada, además existen equipos que mediante este diseño y con ayuda de una fresadora retiran el cobre excedente en la placa.

#### *1.10.2.2 Herramientas computacionales de diseño*

Para diseñar un circuito impreso es necesario emplear softwares que permiten realizar la simulación del funcionamiento del circuito para determinar de forma correcta sus componentes y las interconexiones entre ellos, a partir de esta simulación se podrá generar el diagrama esquemático del circuito en donde se modificaran las pistas según los requerimientos de la aplicación.

#### *1.10.3 CAD Proteus Design Suite*

Proteus es sistema fabricado por Labcenter Electronics, se caracteriza por la amplia disponibilidad de componentes en su biblioteca de dispositivos, el sistema de simulación mixto que posee en base en Spice, además de su facilidad de uso.

El CAD consta de dos programas principales que son ARES e ISIS, los mismos que serán descritos a continuación:

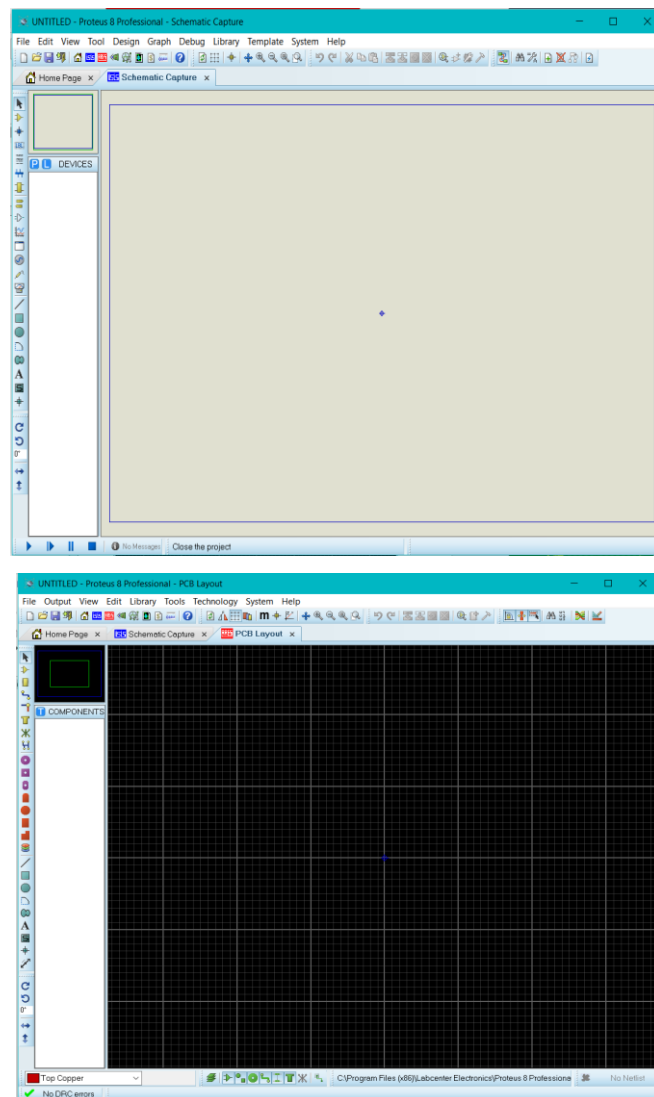
##### *1.10.3.1 ISIS*

Es un sistema de enrutado de esquemas inteligente que permite diseñar el plano eléctrico del circuito, dispone de una gran variedad de componentes en sus bibliotecas, y además permite simular el funcionamiento del circuito diseñado en tiempo real.

##### *1.10.3.2 ARES*

Este sistema de edición y ruteo avanzado permite, a partir del diseño realizado en ISIS, ubicar los componentes y sus conexiones para fabricar la placa del circuito impreso.





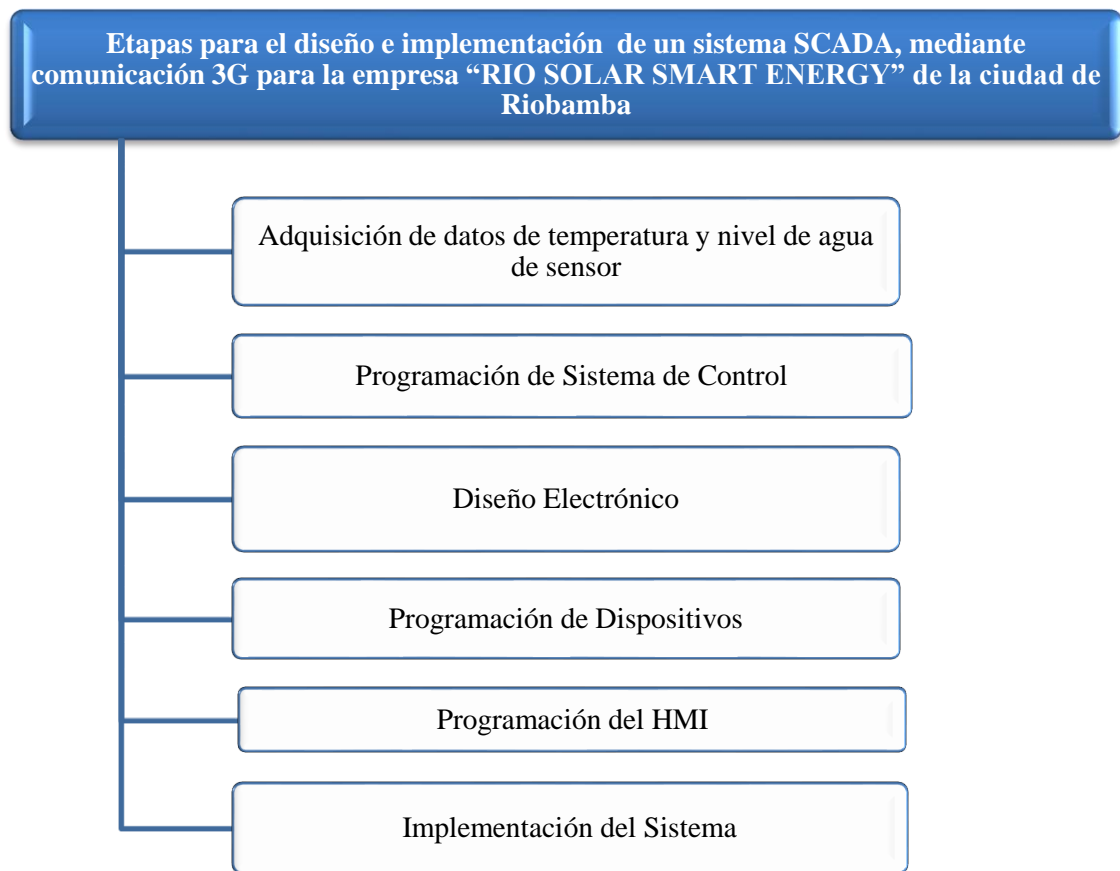
**Figura 32-1 Apariencia de ISIS - ARES**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017

## CAPITULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describirá de forma detallada el proceso de diseño e implementación del sistema SCADA, incluyendo cálculos de adquisición de señal, programación de controladores, diseño de HMI, etc.



**Figura 1-2 Diagrama de Etapas del Diseño e Implementación del Sistema**

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

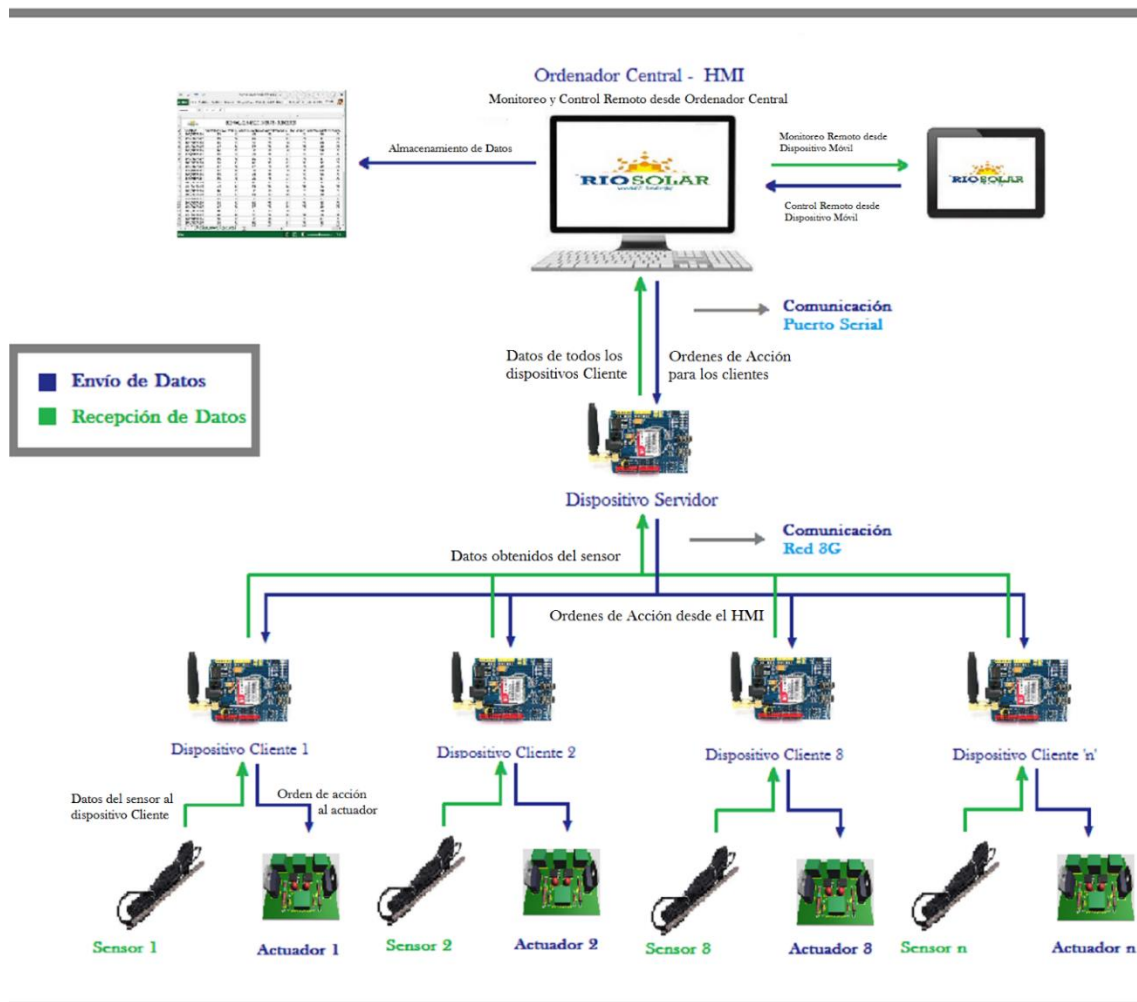
Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

El método heurístico se ha tomado como base para el desarrollo del diseño e implementación del sistema SCADA, evaluando la problemática existente, la misma que mediante el planteamiento de posibles soluciones, mantendrán al sistema actuando de forma óptima dentro de los rangos nominales de funcionamiento.

La arquitectura del sistema SCADA consta de tres bloques cuyo desarrollo se expone en el presente capítulo, estos son:

- Software de adquisición de datos y control, que se refiere al software del sistema o HMI.
- Sistemas de adquisición y mando, que se refiere al hardware del sistema, el mismo que este caso en particular comprende a los dispositivos cliente y servidor.
- Sistemas de interconexión, que se refiere a las comunicaciones empleadas para la transferencia de información, en este caso se empleó comunicación 3G.

El diagrama del sistema SCADA diseñado para este proyecto se muestra en la *Figura 2-2*.



**Figura 2-2 Diagrama del Sistema SCADA**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017

## 2.1 Adquisición de datos de temperatura y Nivel de Agua del Sensor

### 2.1.1 *Análisis de sensor*

El sensor provisto por la empresa para ser empleado en el diseño e implementación del sistema SCADA es un sensor fabricado por la empresa China TKDZ, capaz de medir temperatura y nivel de agua, el mismo que se muestra en la *Figura 3-2*.

La información dotada por el fabricante a cerca de los datos del sensor es mínima, al no existir una hoja de datos acerca del mismo, en la temperatura se ha determinado por la magnitud de salida, que corresponde a un termistor de tipo NTC y en el nivel de agua, posee una salida de tipo resistiva.



**Figura 3-2 Sensor temperatura y nivel de agua**

Fuente: <http://www.tkdz.cn>

### 2.1.2 *Obtención de Señal de Temperatura*

Para la obtención de la señal de temperatura, según datos de fabricante se conoce que ésta varía en un rango de 0 a 99°C, con una magnitud resistiva de salida que disminuye su valor a medida que el valor de temperatura aumenta.

Se ha medido la relación de temperatura-resistencia mostrada en la Tabla 1-2:

**Tabla 1-2: Relación Temperatura-Resistencia Sensor**

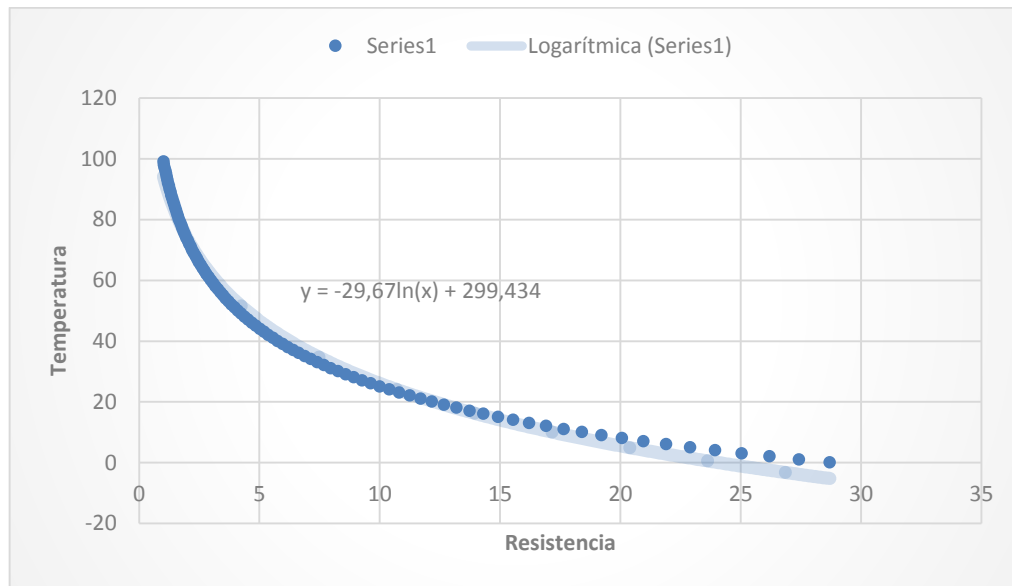
Temperat. [°C]	Resistencia [ $\Omega$ ]
28,704	0
27,417	1
26,197	2
25,039	3
23,94	4
22,897	5
21,906	6
20,964	7
20,07	8
19,219	9
18,41	10
17,641	11
16,909	12
16,212	13
15,548	14
14,916	15
14,313	16
13,739	17
13,192	18
12,669	19
12,171	20
11,696	21
11,242	22
10,809	23
10,395	24
10	25
9,622	26
9,261	27
8,916	28
8,585	29
8,269	30
7,967	31
7,678	32
7,4	33
7,135	34
6,881	35
6,637	36
6,403	37
6,179	38
5,965	39
5,759	40
5,561	41
5,372	42
5,189	43
5,015	44
4,847	45
4,686	46
4,531	47
4,382	48
4,239	49

Temperat. [°C]	Resistencia [ $\Omega$ ]
4,101	50
3,969	51
3,842	52
3,719	53
3,601	54
3,488	55
3,379	56
3,274	57
3,172	58
3,075	59
2,981	60
2,89	61
2,803	62
2,719	63
2,638	64
2,559	65
2,484	66
2,411	67
2,341	68
2,273	69
2,207	70
2,144	71
2,083	72
2,024	73
1,967	74
1,912	75
1,858	76
1,807	77
1,757	78
1,709	79
1,662	80
1,617	81
1,574	82
1,532	83
1,491	84
1,451	85
1,413	86
1,376	87
1,34	88
1,305	89
1,272	90
1,239	91
1,208	92
1,177	93
1,147	94
1,118	95
1,091	96
1,063	97
1,037	98
1,012	99

Realizado por: Salazar - Cujilema

Fuente: Salazar – Cujilema, 2017

A través de la obtención de los datos de la *Tabla 1-2*, se ha podido obtener la curva característica del sensor de temperatura y mediante esta curva se obtiene la ecuación característica de la señal que permite adquirir los datos en el microcontrolador.



**Gráfico 1-2 Curva característica de señal de temperatura**

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

La ecuación obtenida a partir de la curva característica de la señal de temperatura es la siguiente:

#### **Ecuación 1-2 Ecuación característica de la variable de Temperatura**

$$y = -29.67 \ln(x) + 299.43$$

$$r = \ln(x)$$

$$y = -29.67 * r + 299.43$$

Esta ecuación es empleada en la programación del controlador, y cambia de acuerdo al valor de la variable resistencia, dando como resultado el valor real de temperatura que el sensor mide en un rango de 0°C a 99°C.

#### **2.1.3 Obtención de la Señal de Nivel de agua**

Para la obtención de la señal de nivel de agua, se obtuvo la gráfica de la señal de salida del sensor la cual permitió determinar según su variación, junto con los datos medidos a través de multímetro, los rangos de resistencia, que definen los niveles de agua establecidos en el sistema de calentamiento que en este caso son cinco 0%, 25% 50%, 75% y 100%

## **2.2 Programación de Sistema de Control**

### **2.2.1 Introducción**

El Sistema de Calentamiento de Agua, incluye un microcomputador el mismo que cumple la función de mostrar los datos de temperatura y nivel de agua leídos por el sensor, pero además permite o impide el paso de agua a través de una válvula, de acuerdo a los rangos de niveles establecidos.

Cuando el nivel de agua está en 50% o por debajo de este, el paso de la válvula se abre para permitir el llenado del tanque hasta regresar a un nivel alto, es decir 100% en donde se desactiva, pero hay factores externos que alteran el correcto proceso de llenado, como pueden ser: desabastecimiento de agua del tanque reservorio o cisterna, consumo de caudal de fluido mayor al caudal de llenado de tanque, entre otros.

Estas situaciones impiden que el sistema pueda trabajar de forma correcta, ya que cuando el nivel de agua desciende por debajo del 25%, la niquelina eléctrica que funciona como fuente auxiliar de calentamiento, se sobrecalienta causando daños en sus componentes generando un elevado costo de reparación para la empresa, además de molestias al usuario.

Además se requiere obtener el agua a una temperatura promedio de 60°C, valor que determinara también el funcionamiento o no de la niquelina eléctrica.

### **2.2.2 Sistema de Control**

En busca de dar solución al problema descrito, se ha propuesto la aplicación de un sistema de control ON-OFF.

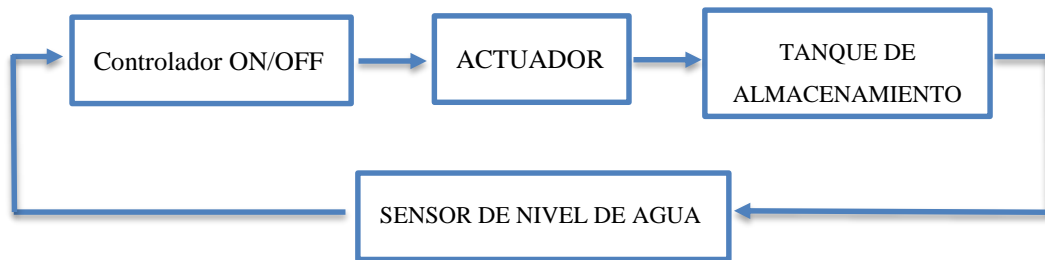
Este tipo de sistema de control, permite únicamente dos posiciones: encendido o apagado, en este caso, cuando el nivel de agua del tanque reservorio se encuentre por debajo del 25% o la temperatura sea mayor a 60°C, dentro de un intervalo de tiempo, se procederá a poner al sistema auxiliar de calentamiento en estado OFF, desactivando así la niquelina eléctrica, al ser este el dispositivo del equipo que sufre daño frente a la situación anteriormente explicada.

Al impedir el funcionamiento de la niquelina en ausencia de agua, se evitan averías comúnmente presentadas, se reanuda su funcionamiento cuando el tanque reservorio o cisterna, se abastezcan del agua necesaria para que el sistema opere de modo correcto.

### 2.2.3 Diagrama de bloques y elementos del Sistema de Control

El sistema de control ON-OFF que será aplicado al equipo presenta el Diagrama de bloques mostrado en la *Figura 4-2*.

El sensor de nivel de agua y temperatura envía la medición al controlador, este es el encargado de comparar el dato recibido con el valor de nivel de agua y temperatura recomendadas para el correcto funcionamiento del calentador solar, que en este caso es el 25% y 60°C



**Figura 4-2 Diagrama de Bloques controlador ON-OFF**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017

Después de realizar esta comparación, el controlador determina si el dato recibido se encuentra fuera del rango deseado, de ser así, envía una señal de apagado al actuador, el mismo que al recibirla desactiva la niquelina eléctrica.

El sensor sigue tomando datos de nivel de agua en el tanque de almacenamiento y cuando detecte un nivel de agua superior al 25% y una temperatura menor a 60°C, automáticamente enviará una señal de encendido, reanudando el funcionamiento normal de la niquelina.

## 2.3 Diseño Electrónico

### 2.3.1 Descripción

El circuito electrónico empleado en el sistema, es el encargado de receptar la señal recibida desde el dispositivo cliente y dar la orden al actuador, enviando la corriente y voltaje necesarios para su correcta activación.

### 2.3.2 Diseño del circuito

El circuito diseñado controla la activación y desactivación de dos cargas de las siguientes características:



*Niquelina Eléctrica:*

Voltaje = 110 Vac

Potencia = 1.5 kW

Frecuencia = 60Hz

Empleando la *Ecuación 11-1* para cálculo de potencia, se obtiene el valor de corriente de la carga:

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{1.5 \text{ kW}}{110 \text{ V}} = 13.6 \text{ A} \approx 14 \text{ A}$$

*Microcomputador:*

Voltaje = 110 Vac

Potencia = 1.5 kW

Frecuencia = 60Hz

Corriente = 14 A (por calculo anterior)

En base a estas características es posible seleccionar los elementos a emplear, para el caso en mención se usó un tiristor con activación controlada es decir un TRIAC, empleado en este caso como interruptor eléctrico, que sea capaz de controlar altas potencias en ambos casos.

Se ha seleccionado al TRIAC BTA41, este dispositivo soporta corrientes de hasta 40A y voltajes hasta los 800 Vac, entre otras características detalladas en su hoja de datos en el *Anexo A*.

El BTA41 necesita una corriente de entre 10mA y 50mA en la compuerta para su activación, y para interconectar el sistema de potencia al sistema digital, el cual envía la señal de disparo, es necesario emplear un opto acoplador como lo muestra la *Figura 5-2*

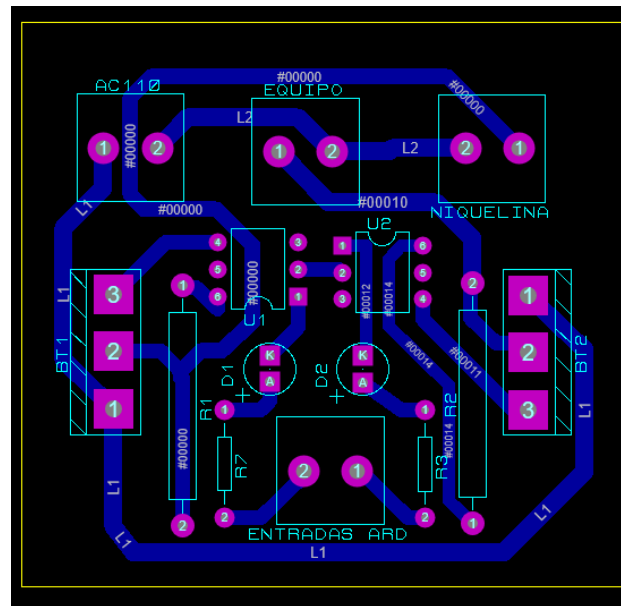


**Figura 5-2 Diagrama de Bloques conexión de un sistema digital a sistema de potencia**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017

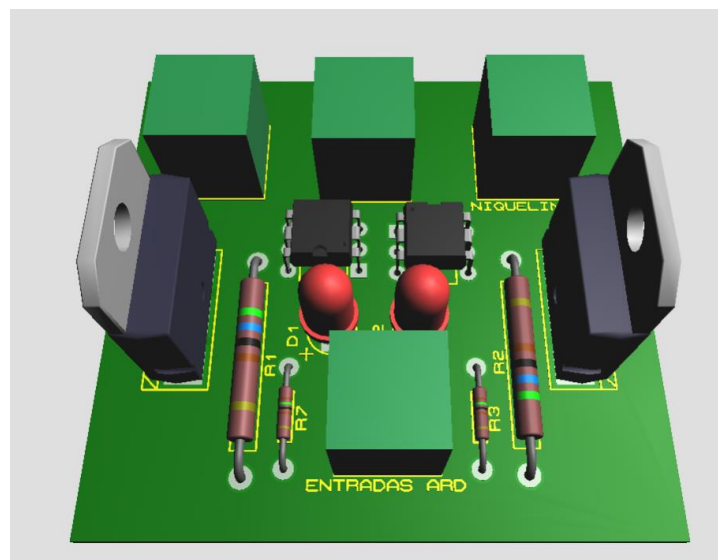
El opto acoplador permite aislar la etapa de potencia del circuito digital, en este caso se ha seleccionado al MOC 3010, recomendado para aplicaciones de 110 Vac, además posee varias características descritas en el *Anexo B*, lo hacen ideal para la aplicación.

El circuito consiste en recibir la señal de disparo enviada por el controlador hacia el MOC3010, el mismo que además de aislar el circuito, reenviará esta señal al gate del BTA41, el cual al recibir la señal de disparo activará la carga, el diseño del circuito se muestra en la *Figura 6-2*.



**Figura 6-2 Diseño de circuito de potencia**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017



**Figura 7-2 Representación 3D del circuito de potencia**

Fuente: Salazar – Cujilema 2017

Al trabajar con cargas de altas potencias, el tiristor tiende a aumentar de temperatura, esta elevación excesiva de temperatura puede dañar el dispositivo, para esto es necesario realizar cálculos de disipadores de calor para en tiristor BTA 41, para determinar si su uso es necesario, y de serlo , cual es el disipador apropiado.

Los datos de la carga y del tiristor por medio de la hoja de datos para la realización del cálculo del disipador, son los siguientes:

**Datos Niquelina:**

$$P = 1.5KW$$

$$V = 110V$$

$$F = 60Hz$$

**Datos transistor BTA41:**

Resistencia Térmica Juntura-Carcasa

$$R_{th(j-c)} = 0.9^{\circ} \frac{C}{W}$$

Resistencia Térmica Juntura-Ambiente/Aire

$$R_{th(j-a)} = 50^{\circ} \frac{C}{W}$$

Temperatura máxima de la unión

$$T_j = 125^{\circ}C$$

Temperatura ambiente que va a estar expuesto el transistor:

$$T_a = 18^{\circ}C$$

Para calcular la temperatura que va a alcanzar el transistor con su carga se aplica la ley de Ohm térmica, expresada en la *Ecuación 10-1*, de la cual se despeja la variable de interés de la siguiente manera:

$$T_{jestimada} = R_{th(j-a)} * (P) + T_a$$

Como los datos del transistor ya son conocidos por medio de la hoja de datos del componente BTA41, se calcula la temperatura que va a alcanzar el transistor con la carga.

$$T_{jestimada} = 50^{\circ} \frac{C}{W} (1.5Kw) + 18^{\circ}C = 75018^{\circ} C \gg T_j = 125^{\circ}C$$

Siendo la temperatura mayor a soportar por el transistor se comprueba que será necesario usar un disipador de calor. Para saber el tipo y dimensión del disipador se procede a calcular la resistencia

térmica entre el disipador y el aire, aplicando la *Ecuación 12-1*, de la cual se despeja la variable de interés:

Despejando  $Rth_{d-amb}$  se tiene:

$$Rth_{d-amb} < \frac{(T_j - T_a)}{P} - Rth_{j-c} - Rth_{c-d}$$

Como el transistor es de silicio y va a estar unido con el disipador sin mica y aislante térmico se conoce que el valor de  $Rth_{c-d}$  se podrá tomar de entre  $0.5^0$  a  $1^0 \frac{C}{W}$ .

Ya con todos los datos se calcula la resistencia térmica entre el disipador y el aire.

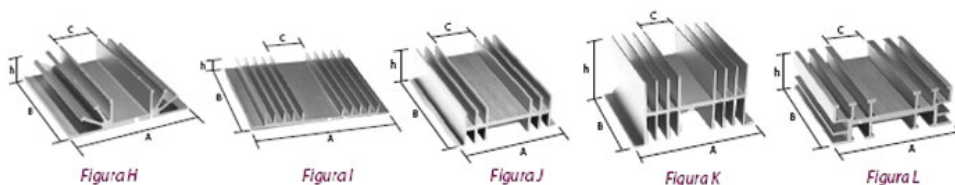
$$Rth_{d-amb} < \frac{(125 - 18)^0C}{1.5 Kw} - 0.9 - 1^0 \frac{C}{W} = -1.828^0 \frac{C}{W}$$

Se observa que el valor resultó negativo, al haber tomado el sentido contrario de la malla para desarrollar la ecuación.

El disipador a utilizar para el transistor deberá de tener una resistencia térmica mínima de  $1.828^0 \frac{C}{W}$ .

**Tabla 2-2: Tabla del Catálogo de disipadores térmicos**

CODIGO	FIG.	RESISTENCIA TERMICA R <sub>q</sub> SA (°C/W)		DIMENSIONES (mm)
		CONVECCION		
		NATURAL	FORZADA	
HE310	H	6.4	1.8	A=51; B=50; C=21; h=14
HE330	I	2	0.65	A=121; B=76; C=33; h=12
HE500	J	1.85	0.65	A=122; B=38; C=33; h=30
HE510	J	1.5	0.4	A=122; B=76; C=33; h=30
HE530	K	0.7	0.19	A=124; B=76; C=31; h=67
HE540	K	0.58	0.16	A=124; B=125; C=31; h=67
HE85/2	L	2	0.48	A=112; B=50; C=36; h=34
HE85/4	L	1.5	0.35	A=112; B=100; C=36; h=34



Realizado por: (Electrónica GM 2016)

Fuente: (Electrónica GM 2016)

Mediante el catálogo de disipadores térmicos (Electrónica GM 2016), se pudo ver que el disipador a utilizar es el **HE500**  $1.85^0 \frac{C}{W}$ .

## **1.4 Programación de Dispositivos**

### ***1.4.1 Descripción***

Para el diseño del sistema SCADA se desarrolló dos dispositivos, el dispositivo cliente que será el encargado de recoger la información que es generada por los sensores ubicados en los calentadores solares y enviarlos al servidor; y el dispositivo servidor que se instala en la computadora central, el mismo que recopila los datos recibidos desde los clientes y los envía a través de puerto serial para ser administrados en el HMI.

Para realizar la comunicación entre el módulo SIM900 y el Arduino, se ha empleado la biblioteca Software Serial desarrollada por Arduino, esta biblioteca permite la comunicación vía UART, empleando pines digitales del Arduino además de la conexión de los pines TX y RX (Transmisión y Recepción de datos) de ambas placas, además es necesario determinar la velocidad de transmisión serial que se va a usar, en este caso será empleada una velocidad de 9600 baudios.

Para lograr una transmisión de datos de temperatura y nivel de agua provenientes de los dispositivos cliente hacia el servidor, se ha establecido una conexión de tipo inalámbrica denominada Red 3G descrita en el Capítulo 1.4.

El uso de la Shield requiere incorporar a su funcionamiento un Chip de telefonía móvil, que cuenten con un plan de internet. En este caso en particular, se ha seleccionado la operadora CNT por su amplia cobertura.

### ***1.4.2 Programación del dispositivo cliente***

Las principales funciones de este controlador son: la recolección y envío de datos, la acción de control y el envío de mensajes de texto a los usuarios de los calentadores solares.

#### ***1.4.2.1 Recolección y envío de datos***

Para recolectar los datos del sensor de temperatura y nivel de agua, se emplean las funciones calculadas anteriormente, mediante lectura analógica en el Arduino.

El módulo se programa a través de comandos AT, una vez obtenido los datos de interés para el monitoreo y control, se realiza la verificación de la funcionalidad del módulo SIM900 utilizando los siguientes comandos AT:

**Tabla 3-2: Comandos AT verificación de funcionamiento shield SIM900**

COMANDOS AT	DESCRIPCIÓN
AT	Verifica que la shield Sim900 funcione normalmente
AT+CFUN?	Comprueba que todas las funciones de la shield estén disponibles

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: (SIMCOM 2010a pp.208-222)

Si la ejecución se realiza de forma correcta, se considera al módulo apto para su utilización, posterior a esta verificación es necesario establecer conexión GPRS – 3G en el módulo, para esta acción se emplean los comandos de la *Tabla 4-2*:

**Tabla 4-2: Comandos AT conexión a la red shield SIM900**

COMANDOS AT	DESCRIPCIÓN
AT+ CGATT	Inicia la conexión GPRS – 3G
AT+ CSTT	Define el APN que se usará
AT+ CIICR	Permite la activación de los datos del chip
AT+CIFSR	Obtiene la IP del módulo SIM900

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: (SIMCOM 2010b pp. 156-193)

Una vez de establecida la conexión es necesario programar ciertos parámetros, al emplear un chip de la operadora nacional CNT es necesario registrar la dirección APN correspondiente, junto al comando AT, de la siguiente manera:

AT+SAPBR=3,1,\"APN\", \"internet.cnt.net.ec\"

El APN es el nombre del punto de acceso a la red, permite al dispositivo tener acceso a la red de la operadora.

Para identificar a cada dispositivo cliente, al momento de la conexión le es asignada una dirección IP, la misma que puede ser obtenida a través del comando:

AT+CIFSR=?

Una vez establecidos los parámetros de conexión y conociendo la dirección IP del dispositivo servidor se procede con el envío de los datos de temperatura y nivel de agua de cada cliente, cuando estos datos se han obtenido se ordenan en forma de cadena de caracteres ordenados de la siguiente forma:

T1 30 N1 50 \t

**Donde:**

- T1: Temperatura del cliente 1
- 30: Grados de temperatura del agua que se encuentra actualmente
- N1: Nivel de agua del cliente 1
- 50: Porcentaje del nivel del tanque colector de agua del calentador solar
- \t: Identifica el fin de la trama de envío de datos de los clientes hacia el servidor.

Para identificar a que dispositivo se envía la información es necesario emplear el comando AT de envío de datos, con la dirección IP del servidor.

AT+CIPSEND=( “ dato ” ); (“dirección IP del servidor”)

#### *2.4.2.2 Recepción de datos desde el servidor*

El sistema SCADA permite entre sus funciones, la activación y desactivación del microcomputador que monitorea de forma local a los calentadores solares y los dispositivos conectados al mismo, esto se lleva a cabo mediante una orden enviada desde el HMI hacia el servidor, y desde el servidor hacia el cliente sobre el cual se desea ejecutar la acción.

La orden enviada desde el HMI puede tomar dos valores: ‘1’ cuando se necesite activar el sistema y ‘0’ cuando la acción a realizar sea la desactivación; el módulo SIM900 se encuentra en constante lectura de información entrante, es necesario crear una variable en la que se almacenará cadena de caracteres recibida, para posteriormente compararla con la programada y si coincide ejecuta determinada acción, de la siguiente manera:

dato = SIM900.read();

#### *2.4.2.3 Control ON-OFF*

El sistema implementado posee un sistema de control automático ON-OFF, aplicado sobre la niquelina eléctrica empleada como auxiliar de calentamiento de agua, esta acción de control

depende de la variable de nivel de agua, la misma que según su variación indica la orden que deberá ser entregada al actuador.

El dispositivo cliente es el encargado de activar o desactivar al circuito eléctrico que controla a la niquelina, según la acción de control indicada por el sistema.

#### 2.4.2.4 Envío de mensajes de texto

La opción de mensajes de texto se ha creado debido a la necesidad de informar al cliente cuando el equipo no se encuentre en funcionamiento debido a fallas o averías, esto ayuda a la empresa al detener el uso del equipo, evitando así que se dañe.

Para realizar el envío de mensajes, se empleó los siguientes comandos AT, que el manual de comandos AT del módulo SIM900 nos proporciona:

**Tabla 5-2: Comandos AT envío de mensajes SIM900**

COMANDO	DESCRIPCIÓN
AT + CMGF?	Permite determinar el formato del mensaje.SMS (1)
AT + CMGS = XXXXXXXX	Registra el número telefónico al que se desea enviar el mensaje
Ctrl - Z	Finaliza envío de mensaje exitosamente.

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: (SIMCOM 2010 pp.106-110)

Cuando el servicio técnico detecte desde el HMI comportamientos atípicos en los calentadores solares, o fallas en la lectura, el equipo es desactivado, y esta acción es comunicada al usuario final del equipo como se puede observar en la *Figura 8-2*.



**Figura 8-2 Recepción del Mensaje de Texto de Alerta**

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017



### ***1.4.3 Programación del dispositivo servidor***

El dispositivo servidor cumple con varias funciones, como son: recolección de datos de temperatura y nivel de agua desde los clientes, envío de información al HMI para su interpretación, recepción órdenes desde el HMI para administrarlas a los dispositivos cliente.

#### ***1.4.3.1 Recepción de datos desde dispositivos cliente***

Como se indicó en los dispositivos cliente, es necesario emplear los comandos AT descritos en la *Tabla 3-2*, para la configuración de la red de módulo SIM900.

Al recibir los datos es necesario determinar de qué dispositivo provienen, la identificación de cada dispositivo cliente se realiza a través de su dirección IP, que como se indicó anteriormente se determina a través del comando AT+CIFSR; la dirección obtenida se compara con las direcciones previamente programadas.

if (IPcliente1==IP\_leida)

Cuando se cumple la condición anterior, es posible identificar el origen de la información y de esta manera unificar los datos de todos los dispositivos cliente que se encuentran en la red, para construir una cadena de datos de tipo String.

#### ***1.4.3.2 Transmisión de datos al HMI***

Una vez ordenados los datos obtenidos desde los clientes en forma de cadena de caracteres, se envían estos datos al ordenador central a través de puerto serial, para que puedan ser interpretados por el HMI.

Para llevar a cabo esta acción es necesario enviar al puerto serial la cadena de caracteres construida, empleando el comando propio de envío de datos mediante puerto serial de Arduino; `Serial.print`.

#### ***1.4.3.3 Recepción de órdenes desde el HMI***

El sistema SCADA implementado permite la posibilidad de encender y apagar el microcomputador y sus dispositivos de forma remota, cuando esta acción se realiza, se envía al dispositivo servidor una orden desde el HMI a través de puerto serial, para que este sea capaz de identificar la petición y enviar dicha orden al dispositivo cliente que debe cumplirla.

La lectura de la orden enviada desde el HMI se lleva a cabo mediante comando: Serial.read( ) para luego reenviar la petición a través del módulo SIM900, empleando el siguiente comando:

AT+CIPSEND=( “ encender -apagar ” ); (“dirección IP del cliente”)

#### 1.4.4 Consumo de servicios telefónicos

El sistema se programado para enviar datos con una frecuencia de 15 minutos, y cada dato enviado consume 6 Kbytes aproximadamente, con esta información se determina:

*Dispositivo cliente:*

El dispositivo envía 96 datos al día y 2880 en el mes, se ha reservado 1 Mb de datos móviles para recepción de peticiones desde el servidor y 30 mensajes de texto para avisos y consultas.

**Tabla 6-2: Consumo de servicios telefónicos de dispositivo cliente**

	Consumo diario	Consumo Mensual	Costo unitario	Precio mensual
<b>Envío de datos</b>	576 Kb	17.28 Mb	\$ 0.024 x Mb	\$ 0.41
<b>Recepción datos</b>	-	1 Mb	\$ 0.024 x Mb	0.024
<b>Mensajería</b>	-	30 SMS	-	\$ 0.75
<b>Costo total por dispositivo cliente</b>				1.19

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

*Dispositivo Servidor:*

Recibe 1920 datos al día de 20 dispositivos cliente, además envía órdenes a los dispositivos, motivo por el cual se ha reservado una cantidad de 100 Mb para esta acción.

**Tabla 7-2: Consumo de servicios telefónicos de dispositivo servidor**

	Consumo diario	Consumo Mensual	Costo unitario	Precio mensual
Recepción de datos	11520Kb	345.6 Mb	Plan prepago CNT 500MB	\$5.00
Envío de datos	-	100 Mb		
Costo total por dispositivo servidor				\$5.00

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

### Consumo total de dispositivos

**Tabla 8-2: Consumo de servicios telefónicos sistema general**

	Precio Mensual	Unidades	Precio mensual
Dispositivo cliente	\$ 1.19	20	\$ 23.80
Dispositivo servidor	\$ 5.00	1	\$ 5.00
Costo total			\$ 28.80

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

## 1.5 Programación de HMI

### 1.5.1 Descripción

Como software de adquisición de datos y control, se ha desarrollado un HMI en LabVIEW, que a través de varios VI's interconectados, permitirá el monitoreo de las variables de los calentadores solares conectados y la interacción con los mismos, mediante una interfaz amigable con el usuario.

El HMI cuenta con una ventana principal de inicio al sistema mostrada en la *Figura 9-2*, que a su ingreso permite autenticación de usuarios con su respectiva contraseña según requerimiento de la empresa, garantizando así seguridad en el sistema como se observa en la *Figura 10-2*.



**Figura 9-2 Ventana principal del sistema SCADA**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

## CONTROL DE ACCESO AL SISTEMA

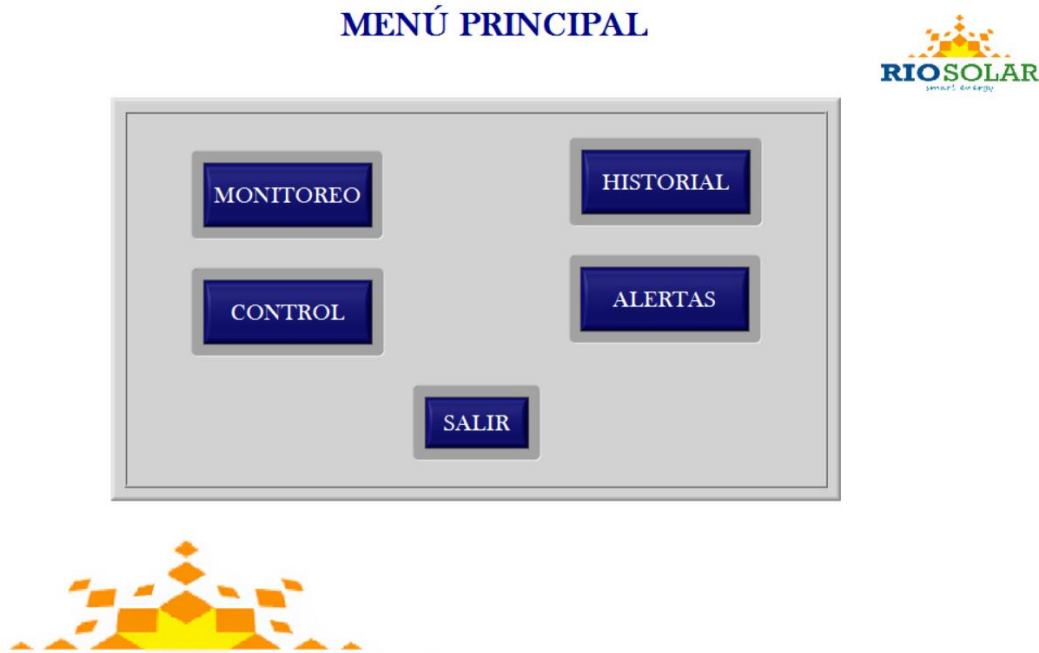


**Figura 10-2 Ventana de Control de acceso al sistema**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

Después del correcto ingreso al sistema se despliega una ventana de menú principal, con las opciones de monitoreo, control, historial, alarmas y salir

## MENÚ PRINCIPAL



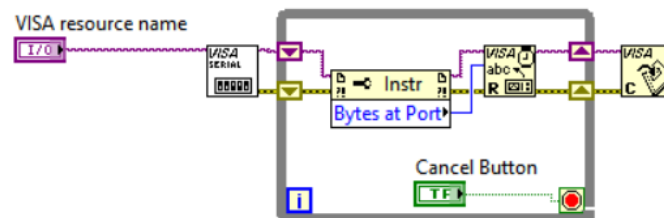
**Figura 11-2 Ventana de Menú Principal del sistema**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### 2.5.2 Monitoreo

Esta opción del menú permite ver en tiempo real los valores de temperatura y nivel de agua que poseen los calentadores solares conectados al sistema, los datos se reciben a través de Puerto

Serial, mediante una cadena de caracteres de tipo INT (entero), esta lectura es posible mediante NI – VISA (National Instruments - Virtual Instrument Software Architecture) un standard de configuración y programación de sistemas de instrumentación con diferentes comunicaciones, entre ellas puerto serial.



**Figura 12-2 Lectura de Datos desde puerto serial con VISA**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

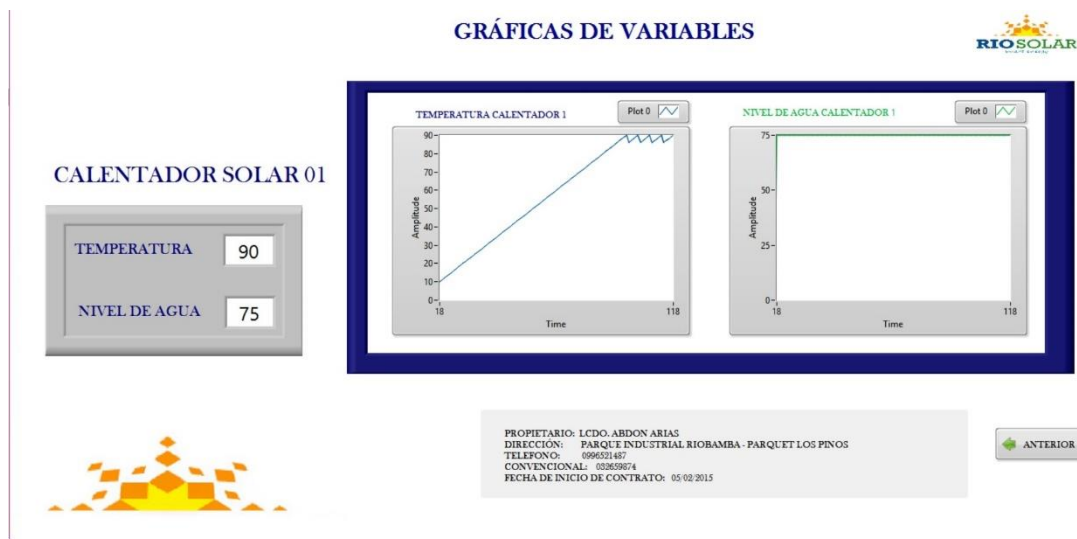
Como se observa en la *Figura 12-2* se emplea VISA serial para la lectura de datos, después de configurar el puerto serial en el que el servidor se encuentra conectado para transmitir la información. Los datos recibidos son ordenados para ser visualizados de manera adecuada.



**Figura 13-2 Ventana de Monitoreo de Variables**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

Se ha distribuido un recuadro para cada calentador solar, en donde se incluye un botón de información, que permite ver los datos del usuario del Calentador Solar, ubicación del mismo, teléfonos de contacto, entre otros, además permite visualizar una gráfica de comportamiento de las variables medidas de cada equipo, para su análisis.

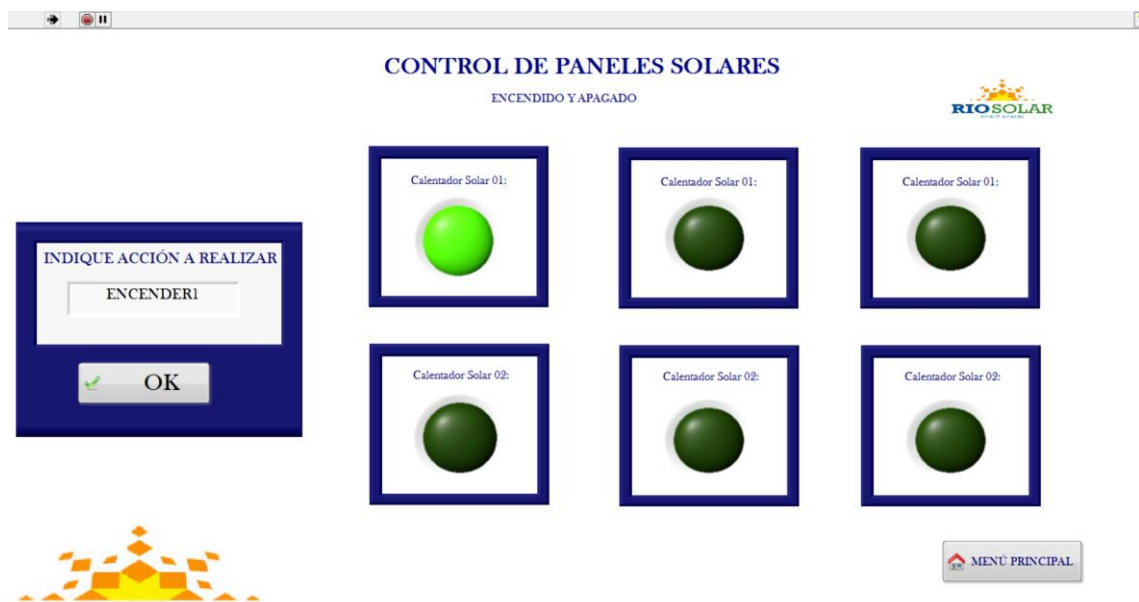


**Figura 14-2 Ventana de Gráficas**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### 2.5.3 Control

La opción de control, permite al departamento técnico encender y apagar los calentadores solares, en situaciones emergente o cuando esto sea necesario.



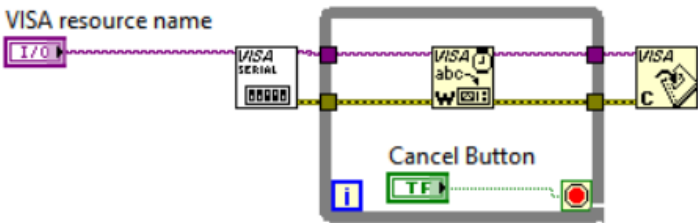
**Figura 15-2 Ventana de Control**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

Para evitar errores en el apagado, se ha diseñado un sistema de envío de caracteres, en donde se especifica la acción a realizar y en número del calentador solar sobre el cual se desea ejecutar la

acción con comandos que únicamente el departamento técnico conoce, de esta manera la empresa se asegura de estar enviando la orden que se desea de forma más segura.

Esta acción de control, se realiza mediante la escritura de la orden, a través de puerto serial hacia el dispositivo servidor, empleando NI-VISA como se muestra en la *Figura 16-2*.

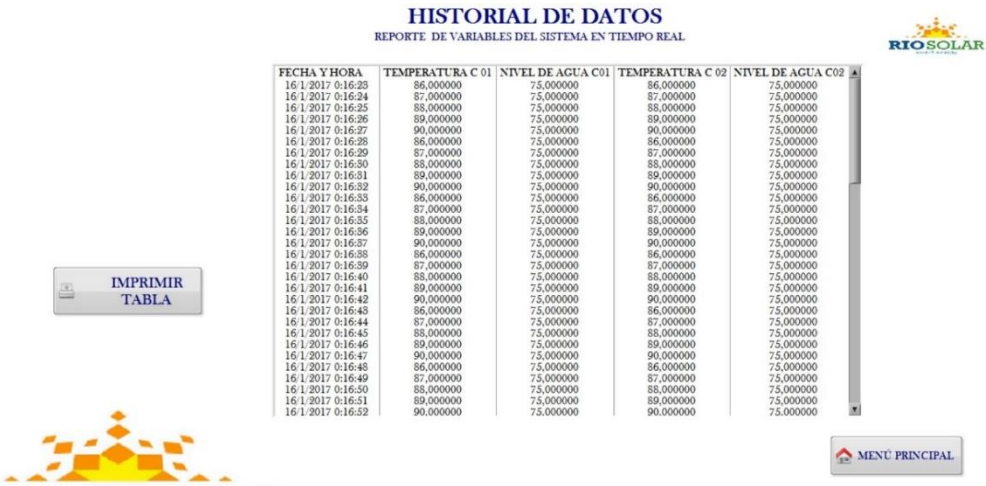


**Figura 16-2 Escritura de Datos a través de puerto serial con NI-VISA**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### 2.5.4 Historial

El historial permite observar a través de una tabla las variaciones en los datos de temperatura y nivel de agua de cada panel solar e imprimir la información actual, además permite almacenar este reporte en un documento de Excel, para su posterior evaluación en periodos de tiempo.



**Figura 17-2 Ventana de Historial de Datos**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

Fecha/Hora	Temperatura1	Niveldeagua1	Temperatura2	Niveldeagua2	Temperatura3	Niveldeagua3	Temperatura4	Niveldeagua4
16/1/2017 0:17	89	75	89	75	86	75	86	75
16/1/2017 0:17	90	75	90	75	87	75	87	75
16/1/2017 0:17	86	75	86	75	88	75	88	75
16/1/2017 0:17	87	75	87	75	89	75	89	75
16/1/2017 0:17	88	75	88	75	90	75	90	75
16/1/2017 0:17	89	75	89	75	86	75	86	75
16/1/2017 0:17	90	75	90	75	87	75	87	75
16/1/2017 0:17	86	75	86	75	88	75	88	75
16/1/2017 0:17	87	75	87	75	89	75	89	75
16/1/2017 0:17	88	75	88	75	90	75	90	75
16/1/2017 0:17	89	75	89	75	86	75	86	75
16/1/2017 0:17	90	75	90	75	87	75	87	75
16/1/2017 0:17	86	75	86	75	88	75	88	75
16/1/2017 0:17	87	75	87	75	89	75	89	75
16/1/2017 0:17	88	75	88	75	90	75	90	75
16/1/2017 0:17	89	75	89	75	86	75	86	75
16/1/2017 0:17	90	75	90	75	87	75	87	75
16/1/2017 0:17	86	75	86	75	88	75	88	75
16/1/2017 0:17	87	75	87	75	89	75	89	75
16/1/2017 0:17	88	75	88	75	90	75	90	75
16/1/2017 0:17	89	75	89	75	86	75	86	75
16/1/2017 0:17	90	75	90	75	87	75	87	75
16/1/2017 0:17	86	75	86	75	88	75	88	75

**Figura 18-2 Almacenamiento de Reporte de datos en EXCEL**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### 2.5.5 Alertas

Ante la apremiante necesidad de informar al departamento técnico a cerca de variaciones fuera de los rangos normales de funcionamiento en el equipo, se diseñó una ventana que activa un indicador en caso de que alguna variable muestre algún valor atípico ya sea de temperatura, cuyo rango óptimo de funcionamiento esta entre los 15°C y 80°C y nivel de agua, que deberá mantenerse siempre en un nivel mayor al 25%, permitiendo así a la empresa evaluar estos comportamientos y tomar medidas de prevención frente a posibles daños.



**Figura 19-2 Ventana de Alertas de Funcionamiento**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017



En esta ventana existe un indicador general, el mismo que se activa en caso de que una de las alarmas, en cualquier equipo, se encuentre activa, permitiendo al departamento técnico conocer del desperfecto en caso de que este se haya pasado por alto, como se observa en la *Figura 20-2*.



**Figura 20-2 Ventana de Alertas de funcionamiento activada**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

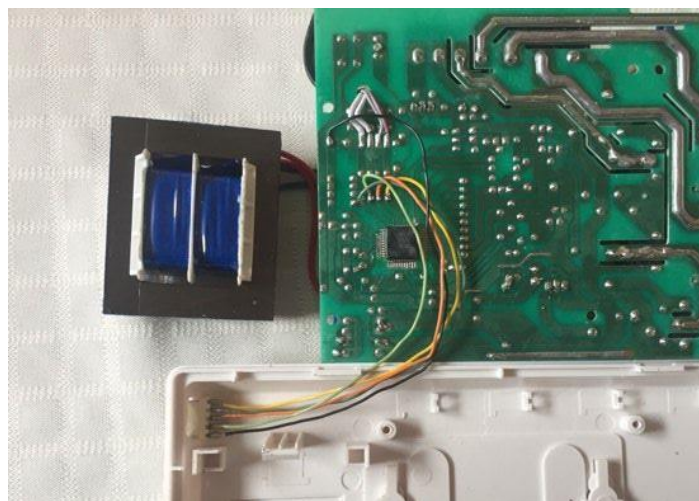
## 1.6 Implementación de Sistema

### 1.6.1 Descripción

Después de haber obtenido de forma correcta las señales del sensor de las variables de temperatura y nivel de agua, fue posible completar el diseño del Sistema SCADA, con hardware y software, además de la programación del sistema de control y el diseño del circuito de potencia como actuador. Todos estos elementos conforman el sistema a ser implementado en la empresa Rio Solar Energy para la adquisición, monitoreo y control de datos.

### 1.6.2 Implementación del dispositivo cliente

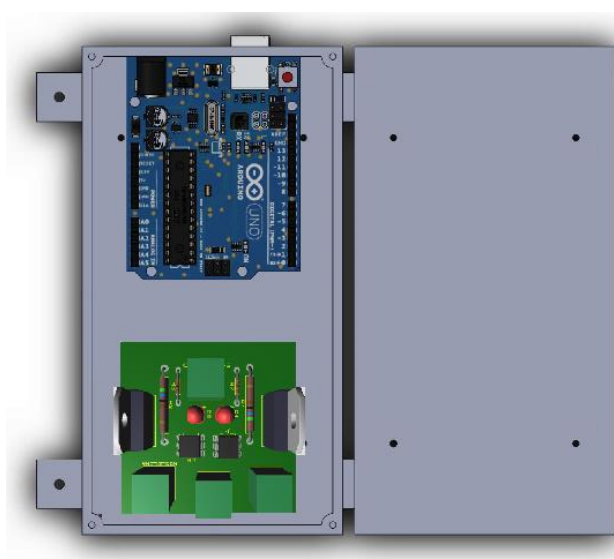
El dispositivo cliente está diseñado para instalarse en cada calentador solar, su principal función es leer los datos del sensor y enviarlos al servidor; para poder obtener esta información se ha conectado un bus de datos desde las señales del sensor en el circuito del microcomputador como se observa en la *Figura 21-2*, el dispositivo cliente se conecta a la salida de este bus de datos para poder obtener las señales y emplearlas.



**Figura 21-2 Conexión de sensor desde microcomputador**

Fuente: Salazar, Cujilema 201

El dispositivo se aloja en una estructura de plástico ABS, diseñada en Solid Works e impresa en impresora 3D, esta estructura mantendrá al dispositivo protegido frente la intemperie y factores externos que puedan afectar su correcto funcionamiento, además de fijar y asegurar tanto el controlador, como el circuito de potencia, que administra las cargas conectadas al mismo, como se puede observar en la *Figura 22-2*.



**Figura 22-2 Diseño de estructura en Solid Works – Dispositivo cliente**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

Al circuito de control se conecta la niquelina eléctrica y el microcomputador, cuyo control depende de la señal enviada desde el circuito digital.

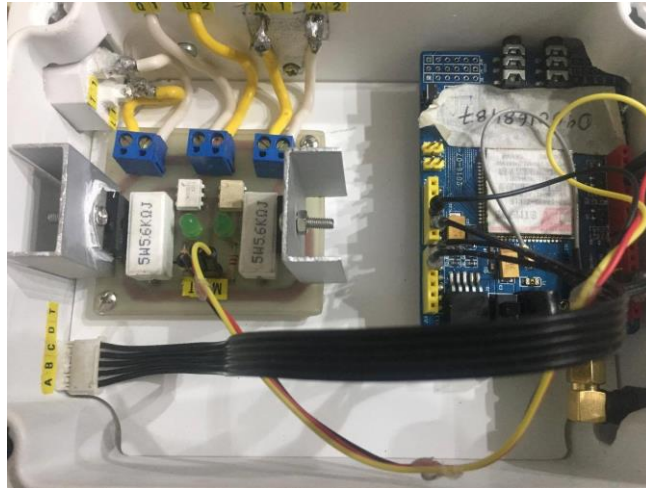
Para el suministro de energía del dispositivo cliente, se emplea una fuente de voltaje, encargada de alimentar al Arduino y al módulo SIM900 con las siguientes características:

*Voltaje de entrada* = 110 Vac

*Voltaje de salida* = 9 Vdc

*Corriente* = 1A

Adicionalmente es necesaria una conexión a 110Vac que alimenta el circuito de potencia.



**Figura 23-2. Dispositivo Cliente**

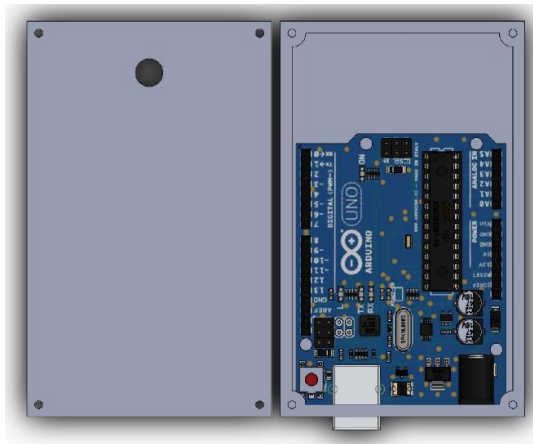
Fuente: Salazar, Cujilema 2017

### ***1.6.3 Implementación del dispositivo servidor***

El dispositivo servidor se diseñó para ser instalado en las oficinas de servicio técnico en ordenador central, a través del cual los datos enviados por el servidor serán receptados, mediante puerto serial.

Este dispositivo se alimenta a través de la conexión USB mediante la cual envía los datos al ordenador, para su funcionamiento únicamente emplea un Chip de la operadora CNT, la cual permite la conexión a la red que le permite la comunicación con los dispositivos cliente.

El dispositivo se aloja en una estructura de plástico ABS, al igual que el cliente, la cual mantiene al dispositivo a salvo de factores externos que puedan afectar su correcto funcionamiento, el diseño de esta se observa en la *Figura 24-2*.



**Figura 24-2 Diseño de estructura en Solid Works – Dispositivo servidor**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017



**Figura 25-2 Dispositivo servidor**

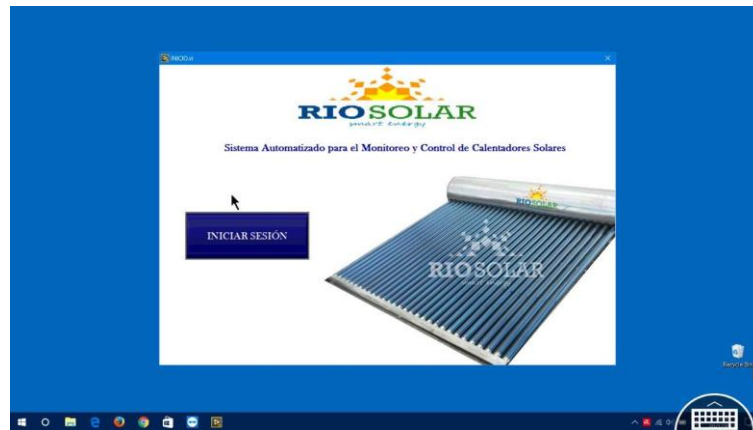
Fuente: Salazar, Cujilema 2017

#### **1.6.4 Instalación del HMI**

El software del HMI fue diseñado en LabVIEW, para su uso se emplea una versión ejecutable del mismo que permite su instalación en el ordenador central desde donde se realizara el monitoreo remoto y control, además de la verificación de alarmas y registro de comportamiento.

En busca de ofrecer otra alternativa de acceso al sistema acorde a las nuevas tecnologías, se han analizado una variedad de alternativas que National Instruments Corporation plantea en su revista Instrumentation, como menciona (Delvizis 2013) la tecnología móvil está revolucionando la adquisición de datos, y para incluir al sistema SCADA diseñado, dentro de esta revolución tecnológica, se incluído la opción de monitoreo y control remoto a través de escritorio compartido

La opción de escritorio compartido permite acceder al sistema remoto de manera local, esta acción puede realizarse de PC a PC, o desde un dispositivo móvil a PC. Esta herramienta resulta muy útil, sencilla y segura, para poder administrar un sistema desde cualquier lugar. En este caso se ha decidido usar en software TeamViewer, que como se observa en la *Figura 27-2*, permite administrar, monitorear y controlar el sistema con los lineamientos de seguridad establecidos.



**Figura 26-2 Ingreso a sistema desde dispositivo móvil**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017}



**Figura 27-2 Control de acceso a sistema desde dispositivo móvil servidor**

Fuente: Salazar, Cujilema 2017

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla el análisis de los resultados que han sido obtenidos después de la implementación del sistema, a través de una comparación de la situación anterior frente a la situación actual demostrando así, la mejora en el proceso de calentamiento de agua, permitiendo el monitoreo de sus variables principales y previniendo el daño del equipo y sus partes.

#### 3.1 Análisis del Sistema Implementado

##### 3.1.1 *Situación Real antes de la Implementación del Sistema*

###### 3.1.1.1 *Funcionamiento y estado actual*

El sistema de calentamiento de agua consta de un equipo con las siguientes partes:

- Colectores Solares
- Tanque de Almacenamiento
- Microcomputadora
- Partes y piezas adicionales



**Figura 1-3 Calentador Solar RIO SOLAR SMART ENERGY**

Fuente: <http://riosolarenergy.com/>

El proceso inicia con el llenado del tanque de almacenamiento térmico, diseñado para mantener el calor en su interior, el fluido que ingresa tiene una temperatura de aproximadamente 15.4°C (medición), este fluido desciende por los colectores solares, en donde por acción del calor, aumenta de temperatura y por diferencia de densidades, el agua de temperatura mayor, ascenderá al tanque de almacenamiento, de donde será distribuido para el consumo.

Existen tres tipos de calentadores que la empresa “Rio Solar Smart Energy” ofrece, estos varían de acuerdo al volumen de almacenamiento del tanque, con capacidades de 200, 250 y 300 litros, su elección dependerá del número de usuarios del servicio, el fluido se almacena en el interior de estos, logrando alcanzar temperaturas de hasta 80°C en días soleados, y hasta 45°C en días lluviosos.

El microcomputador incorporado en el equipo, permite visualizar los valores de temperatura y nivel de agua actual, además de establecer un valor de temperatura, sobre el cual se desea mantener al fluido, de no alcanzar esta temperatura el microcomputador activa una niquelina eléctrica que ayuda en esta labor, la empresa ha determinado que la temperatura mínima deseada es 60°C.

El calentamiento del agua desde su temperatura mínima, a la temperatura deseada, tarda de entre 48 a 72 horas, esto varía de acuerdo a la cantidad de sol existente en el día y factores climatológicos, en la ciudad de Riobamba la reducida presencia de sol, demora el calentamiento de agua, por eso es muy frecuente que el microcomputador active la niquelina para ayudarse en el calentamiento.

El problema surge cuando el agua almacenada en el tanque de reserva es insuficiente, al estar accionada la niquelina y no tener fluido que calentar, se producen daños en las partes y piezas del equipo, representando un considerable gasto de recursos, tanto humano como económico para la empresa.

#### *3.1.1.2 Monitoreo de Variables*

El sistema de calentamiento depende de dos variables principales como son temperatura y nivel de agua, el monitoreo resulta sumamente útil al momento de evaluar el comportamiento del sistema para de esta manera evitar daños o poder tomar acciones correctivas ante posibles fallos en tiempo real.

En los calentadores solares no existía ningún tipo de sistema de monitoreo, por esto la empresa debía necesariamente esperar la llamada del usuario indicando que se había producido algún fallo

para actuar frente a este, además de no contar con ningún tipo de historial de comportamiento de las variables del sistema para su posterior evaluación.

Para que la empresa pueda conocer los datos de temperatura y nivel de agua, necesitaba que el técnico se traslade al lugar de instalación para obtenerlos del microcomputador, representado un valor elevado de tiempo y dinero.

#### 3.1.1.3 Alerta de avería en el sistema.

No existía en el sistema ningún tipo de alerta para que la empresa tenga conocimiento de que algún daño se había presentado, la única forma de conocer este inconveniente es esperar la llamada del usuario, cuando el daño en el equipo ya sucedió.

#### 3.1.1.4 Control en las variables del sistema

La mayoría de los daños producidos en el sistema se deben al bajo nivel de agua existente en el tanque de reserva, esta variable no posee ningún control que al analizar su comportamiento tome acciones correctivas oportunas antes de que el daño en el equipo se produzca.

### 3.1.2 Costos de Mantenimiento y reparación

Se ha realizado un estudio de los daños existentes en el periodo comprendido entre el 01 de Septiembre de 2016 hasta el 31 de Octubre del 2016, determinando así la siguiente *Tabla 1-3*:

**Tabla 1-3: Daños y costo de reparación de equipos Septiembre –Octubre 2016**

MES/ SEMANA	Llamadas servicio técnico	DAÑOS				COSTO TRANSPORTE	COSTO TOTAL
		NIQUELINA	SENSOR	MICRO COMPUTA.	CABLEADO [M]		
SEPTIEMBRE							
Semana 1	3	2	-	-	10	\$ 7.50	\$ 42.50
Semana 2	2	1	1	-	10	\$ 5.00	\$ 45.00
Semana 3	1	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 4	2	2	-	-	8	\$ 5.00	\$ 39.00
Semana 5	3	-	1	1	8	\$ 9.00	\$ 73.00



OCTUBRE							
Semana 1	0	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 2	2	-	2	-	12	\$ 8.00	\$ 54.00
Semana 3	1	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 4	1	1	1	-	8	\$ 7.50	\$ 46.50
Semana 5	2	-	2	-	8	\$ 5.00	\$ 49.00
TOTAL LLAMADAS	17	COSTO TOTAL					\$ 349.00

Realizado por: Salazar - Cujilema

Fuente: Salazar – Cujilema, 2017

El costo aproximado que invierte la empresa en reemplazar partes y piezas es de aproximadamente \$350, de 17 llamadas recibidas, resultaron 10 equipos averiados en el periodo considerado, reflejando en estos resultados, que a pesar de los esfuerzos realizados por la empresa para ofrecer un servicio de calidad e ininterrumpido, existen factores externos que imposibilitan a la misma cumplir con su objetivo.

Estos fallos, además de interrumpir el servicio brindado a los usuarios, causan molestias en ellos obligándolos a llamar al servicio técnico de la empresa para indicar el mal funcionamiento de los equipos en busca de una solución.

### 3.2 Análisis de Resultados Obtenidos

***3.2.1 ¿La implementación de un sistema de adquisición, supervisión y control de datos, mejorará el funcionamiento de los calentadores solares, previniendo posibles daños en los equipos, optimizando los recursos en los servicios de mantenimiento que la empresa “Rio Solar Smart Energy” actualmente emplea?***

Frente al problema existente en el sistema de calentamiento de agua que la empresa “Rio Solar Smart Energy” ofrece, se ha planteado como solución el diseño e implementación de un sistema de adquisición, supervisión y control de datos (SCADA), mediante comunicación 3G, el mismo que ha permitido, además de una optimización de recurso económico como muestra la *Tabla 3-3*, mejorar el servicio que la empresa ofrece, evitando molestias en los usuarios y reduciendo daños en los equipos.

Con la implementación del sistema se ha reducido el número de llamadas al servicio técnico, ya que el sistema está diseñado para comunicar de forma automática al usuario cuando el calentamiento de agua se encuentra interrumpido por cualquier razón, a través de mensajes de texto, mejorando así el servicio que se ofrece.

Gracias al monitoreo de variables que se efectúa, es posible analizar el comportamiento de estas, para de esta manera predecir oportunamente posibles daños antes de ocurran, además de alertar a la empresa cuando estas variables tomen valores fuera de rangos nominales de funcionamiento.

Se ha analizado los daños y costos existentes a partir de la incorporación del sistema SCADA el equipo de calentamiento en el periodo comprendido entre 01 de Diciembre de 2016 hasta 31 de Enero de 2017, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 2-3: Daños y costo de reparación de equipos Diciembre 2016 – Enero 2017**

MES/ SEMANA	Llamadas servicio técnico	Alertas Sistema	DAÑOS				COSTO TRANSPORTE	COSTO TOTAL
			NIQUELINA.	SENSOR	MICRO COMPUT.	CABLEADO [M]		
DICIEMBRE								
Semana 1	0	2	-	-	-	-	\$ 5.00	\$ 5.00
Semana 2	0	1	-	-	-	-	\$ 2.50	\$ 2.50
Semana 3	1	1	-	-	-	-	\$ 2.50	\$ 2.50
Semana 4	0	-	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 5	0	1	1	-	-	8	\$ 5.00	\$ 9.00
ENERO								
Semana 1	0	-	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 2	0	-	-	-	-	-	-	\$ 0
Semana 3	0	1	1	-	-	10	\$ 5.00	\$ 10.00
Semana 4	1	1	-	-	-	-	\$ 2.50	\$ 2.50
Semana 5	0	-	-	-	-	-	-	\$ 0
TOTAL LLAMADA	2	COSTO TOTAL						\$ 22.50

Realizado por: Salazar - Cujilema

Fuente: Salazar – Cujilema, 2017

Adicional al valor determinado en la tabla 1-3 se suma el valor de consumo de servicios telefónicos calculados en el capítulo 2.4 determinando así:

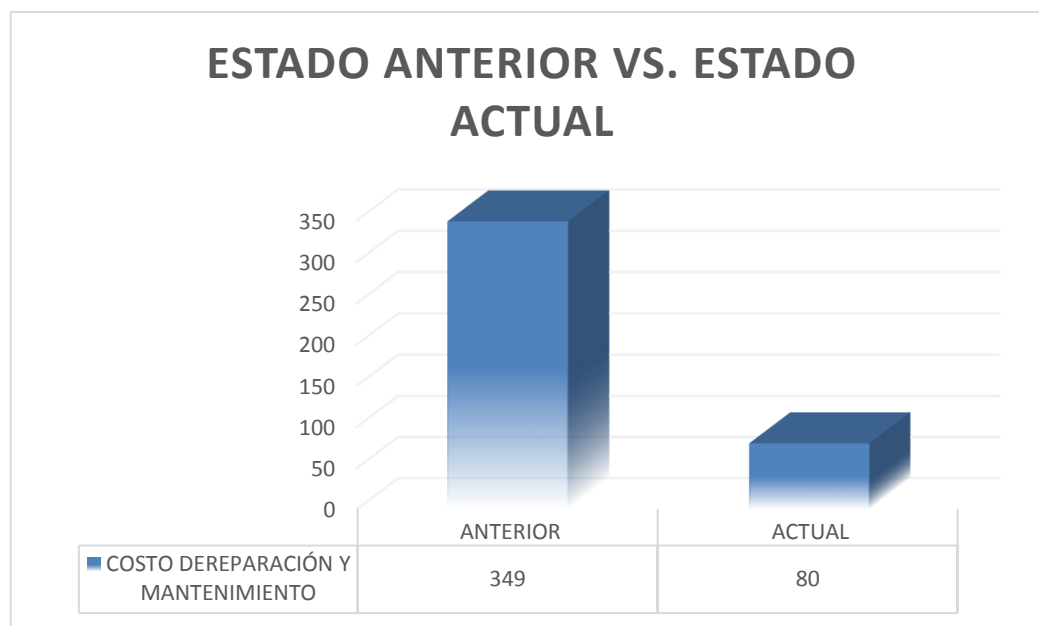
**Tabla 3-3: Costo total de mantenimiento. Diciembre 2016 – Enero 2017**

Detalle	Costo
Reparaciones y mantenimiento - dos meses	\$ 22.50
Consumo de servicios telefónicos – dos meses	\$ 57.60
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 80.10</b>

Realizado por: Salazar – Cujilema, 2017

Fuente: Salazar – Cujilema, 2017

Comparando el estado actual y el estado anterior con respecto a costos de reparación y mantenimiento, obteniendo el siguiente gráfico:



**Gráfico 1-3 Comparación estado actual y estado anterior – Costo**

Realizado por: Salazar - Cujilema, 2017

Fuente: Salazar - Cujilema, 2017

Analizando el *Gráfico 1-3*, se puede determinar que se han optimizado grandemente los recursos, hasta aproximadamente un 77% en el costo total invertido en mantenimiento y reparaciones, del

mismo modo las llamadas de clientes con dudas en funcionamiento del sistema, se ha logrado reducir en un 90%, demostrando así la utilidad del sistema instalado.

### ***3.2.2 ¿Cómo ayudaría al sistema de calentamiento la incorporación de un dispositivo que permita el monitoreo remoto de las variables principales que influyen en el desarrollo de este?***

El monitoreo de las variables resulta una herramienta sumamente útil dentro de un proceso, dentro del sistema de calentamiento solar es importante analizar periódicamente el comportamiento de sus variables principales, como son temperatura y nivel de agua, ya que su variación influye directamente en el funcionamiento del mismo.

Monitorear las variables del sistema permite evaluar la conducta de estas, para de esta manera predecir oportunamente posibles daños antes de que ocurran basándose en variaciones atípicas existentes, además después de procesar estos datos, se pueden programar alertas para la empresa cuando estas variables tomen valores fuera de rangos nominales de funcionamiento o se produzca algún daño y tomar acciones inmediatas.

### ***3.2.3 ¿Cuál es la situación actual de los calentadores solares y cuáles son los problemas que se presentan con mayor frecuencia durante su funcionamiento?***

Como se describió al inicio del presente capítulo, el funcionamiento de los calentadores solares carece de un control sobre sus variables de temperatura y nivel de agua, además de no disponer de la posibilidad de monitorear y almacenar estas variables para su posterior análisis.

El servicio técnico de la empresa no tiene manera de determinar si algún equipo presenta un comportamiento atípico o avería hasta que el usuario no se comunice con la empresa para notificarla y el usuario no sabe si existe daño hasta que el servicio de agua caliente deja de estar disponible.

Debido a la ausencia de un sistema capaz de prestar los servicios complementarios antes mencionados al funcionamiento del calentador solar, el equipo trabaja sin control alguno siendo susceptible a los cambios de las variables de temperatura y nivel de agua.

El principal problema existente en el funcionamiento de los calentadores solares, se origina en la cantidad de agua existente en el tanque de almacenamiento térmico, cuando el agua almacenada es insuficiente, ya sea porque el consumo es alto, porque la fuente de abastecimiento está vacía u otras razones, genera inconvenientes en el actuador auxiliar de calentamiento.

La niquelina eléctrica, esta se encuentra instalada en el interior del tanque, cuando este se encuentra vacío, permanece funcionando sin tener un fluido en el cual disipar su calor, y se sobrecalienta generando daños en esta y en el dispositivo a cual se encuentra conectado. Este problema desencadena una serie de inconvenientes tanto para la empresa como para el usuario del calentador solar.

### ***3.2.4 ¿Cuáles son los rangos de trabajo nominales que debe mantener el sistema de calentamiento solar en las variables de temperatura y nivel de agua para su correcto funcionamiento?***

#### ***Temperatura***

Previo a la instalación de los calentadores solares, es necesario que el lugar cuente con mezcladoras de agua, debido a que el agua en el tanque de almacenamiento térmico se encuentra a temperaturas muy altas para usarse sin temperar.

La temperatura mínima de fluido recomendada para su uso es 65°C aunque en días soleados puede llegar hasta los 85°C en la ciudad de Riobamba, manteniendo la temperatura hasta por 72 horas en el interior del tanque.

#### ***Nivel de Agua***

Considerando los inconvenientes anteriormente explicados generados por niveles bajos de nivel de agua, se considera necesario mantener siempre al tanque de almacenamiento en un nivel de agua igual o mayor al 50%, garantizando así la integridad de los elementos del sistema, además de la cantidad de agua suficiente para abastecer al usuario.

### ***3.2.5 ¿Cuál es la importancia y beneficios que implican mejorar el sistema de calentamiento de agua mediante la incorporación de un sistema adquisición, supervisión y control de datos, para el usuario y para la imagen corporativa de la empresa?***

Son un sinnúmero de beneficios que se obtienen al incorporar un sistema SCADA en el calentamiento de agua, entre ellos se encuentran:

#### ***Usuario***

Los usuarios de los calentadores solares no tendrán la necesidad de comunicar a la empresa sobre daños en el equipo ya que gracias al sistema de monitoreo y alarmas, la empresa estará al tanto de estos inconvenientes

El servicio de agua caliente no será interrumpido, ya que se tomarán acciones inmediatas desde la central de operaciones hacia los calentadores, antes de que se produzcan los daños y los equipos queden temporalmente inoperables.

El usuario estará al tanto de la situación del sistema de calentamiento de agua gracias a los mensajes de texto enviados por el sistema con avisos de funcionamiento.

### *Empresa*

La empresa podrá brindar un mejor servicio a los usuarios gracias al sistema SCADA implementado.

Se optimizarán los recursos tanto humano como económico en el funcionamiento de los equipos gracias al monitoreo y control remoto.

El sistema implementado se convertirá en una ventaja comercial frente a otras empresas que oferten e mismo servicio, al garantizar el monitoreo constante de funcionamiento y servicio técnico oportuno.

La empresa podrá realizar ventas en zonas rurales y ciudades donde no cuente con servicio técnico, al poder brindar este servicio de forma remota.

La empresa podrá evaluar el comportamiento de los calentadores solares para prevenir daños en sus componentes.

## CONCLUSIONES

- La implementación del sistema SCADA logró reducir en un 77% los gastos empleados en reparación y servicio técnico, gracias al sistema de monitoreo, control y alarmas.
- La inspección previa realizada en todo el sistema de calentamiento de agua, permitió determinar las necesidades que poseía el sistema de prevenir y proteger al equipo y sus componentes, de condiciones que ponen en peligro la funcionalidad correcta del mismo.
- El sistema de control ON-OFF implementado en el equipo ha permitido mantener a salvo al sistema, al automatizar la acción de activación y desactivación de la niquelina eléctrica frente a escenarios atípicos que puedan poner en riesgo el correcto funcionamiento del equipo.
- La implementación del sistema SCADA, a través de monitoreo de datos, proporcionó la seguridad de una oportuna toma de decisiones frente a posibles averías que pueden presentarse, comprometiendo el desarrollo adecuado del sistema de calentamiento.
- El control de encendido y apagado del equipo de forma remota, representa una gran optimización de recursos, tanto económico como humano, convirtiéndose en una ventaja comercial para la empresa.
- Las alertas presentes en el sistema, permiten al operador del mismo, tener en cuenta de manera rápida cuando las variables han tomado un valor fuera de los rangos nominales de funcionamiento y tomar acciones inmediatas frente a estas variaciones.
- La comunicación 3G permite una interacción del administrador y el sistema de calentamiento de agua, en tiempo real a través de cualquier ordenador que tenga acceso a internet, permitiendo el acceso a datos actualizados, lo que permite tomar decisiones oportunas frente a sus variaciones.
- El HMI implementado proporciona al usuario una interfaz amigable de fácil integración, que ayudara a la mejor comprensión y manipulación del sistema de calentamiento de forma remota.

## **RECOMENDACIONES**

- Tomar en cuenta las indicaciones de instalación del dispositivo cliente y dispositivo servidor, para evitar daños en los dispositivos o en los actuadores incorporados a estos.
- Realizar una revisión permanente de las alarmas que se generan del sistema para una pronta acción.
- No se debe de ignorar o pasar por alto las alarmas generadas en el sistema de monitoreo, esto pondría en riesgo la integridad de todo el sistema de calentamiento.
- Al presentar dudas acerca de la correcta manipulación y funcionamiento del software se recomienda revisar el manual del usuario para evitar posibles confusiones.
- La instalación de los dispositivos deberá realizarse en una zona donde no esté expuesto a manipulación ni se encuentre en contacto con factores externos, que puedan afectar su funcionamiento.
- Evitar la manipulación directa del equipo, emplear en lo posible el HMI para su activación y desactivación.
- Estudiar periódicamente los datos almacenados por el HMI, para predecir posibles daños, evaluando el comportamiento de las variables.



## BIBLIOGRAFÍA

**ARENY, R.P.**, *Sensores y acondicionadores de señal*. 4ta Edición. Barcelona, España: Marcombo, ISBN 978-84-267-1344-5, 2004. p 3.

**ARTERO, Ó.T.**, *Arduino : curso práctico de formación*. Madrid, España.: RC Libros. ISBN 978-84-940725-0-5, 2013. pp.63-64.

**BAHÓN, C.A. y GINER, C.R.**, *Tecnología de sistemas de control*. 1era Edición. Barcelona España: Univ. Politéc. de Catalunya. ISBN 978-84-8301-778-4. 2004. pp. 31-35.

**BALCELLS, J. y ROMERAL, J.L.**, *Autómatas programables* [en línea]. Barcelona, España: Marcombo. 1997. pp.1. [Consulta: 29 agosto 2016]. Mundo Electrónico. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xfSjADge70C&oi=fnd&pg=PA12&dq=redes+y+protocolos+de+comunicacion+industrial&ots=2zfXDMtbfs&sig=3akzYGy-xYKPndEgClnhJEZ2mVY#v=onepage&q=redes%20y%20protocolos%20de%20comunicacion%20industrial&f=false>.

**BARRERA, M.F.**, *Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica*. Madrid, España: Liber Factory. ISBN 978-84-9949-081-6. 2010. p 13.

**BÉRRIZ, L. y ÁLVAREZ, M.**, *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares* [en línea]. 2008. p 64. Ciudad de la Habana, Cuba: Cubasolar. Disponible en: [www.renenergyobservatory.org/alfresco/d/a/workspace/SpacesStore/ebc0e8e8-6579-4c56-81cc-f6587913ae29/Manual%20para%20el%20c%C3%A1lculo%20y%20dise%C3%B1o%20de%20calentadores%20solares.pdf?guest=true](http://www.renenergyobservatory.org/alfresco/d/a/workspace/SpacesStore/ebc0e8e8-6579-4c56-81cc-f6587913ae29/Manual%20para%20el%20c%C3%A1lculo%20y%20dise%C3%B1o%20de%20calentadores%20solares.pdf?guest=true).

**CHACÓN, D., DIJORT, O. y CASTRILLO, J.**, *Supervisión y Control de Procesos*. [en línea]. Barcelona, España. 2001. pp.6-8. [Consulta: 31 mayo 2014]. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299020/299020\\_2015\\_1/Material/Ud1\\_RBC\\_40202-3452.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299020/299020_2015_1/Material/Ud1_RBC_40202-3452.pdf).

**DELVIZIS, T.**, "La Tecnología Móvil se Encuentra con LabVIEW" *Instrumentation News*/wttter, Vol. 21, No. 4, (2013), (Texas, USA) pp. 3-5.

**DOMÍNGUEZ, J.**, *La integración económica y territorial de las energías renovables y los sistemas de información geográfica* (Tesis Doctoral) [en línea]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid - España. 2002. pp.79-91. [Consulta: 22 agosto 2016]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Javier\\_Dominguez/publication/39159157\\_La\\_integracin\\_economica\\_y\\_territorial\\_de\\_las\\_energias\\_renovables\\_y\\_los\\_sistemas\\_de\\_informacin\\_geografica/links/02e7e527b75170db00000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Javier_Dominguez/publication/39159157_La_integracin_economica_y_territorial_de_las_energias_renovables_y_los_sistemas_de_informacin_geografica/links/02e7e527b75170db00000000.pdf).

**DUFFIE, J. y BECKMAN, W.**, *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4th. Wisconsin, United States of America. University of Wisconsin-Madison: Wiley. 1991. p 80.

**ELECTRÓNICA GM, DISIPADORES TERMICOS.** [en línea]. Argentina: G.M. ELECTRONICA 2016. [Consulta: 23 enero 2017]. Disponible en: <http://www.gmelectronica.com.ar/catalogo/pag82-83.html>.

**GARCÍA, R.P.Ñ.,** *Apuntes de sistemas de control.* Madrid, España.: Editorial Club Universitario. ISBN 978-84-8454-305-3. 2003. pp. 4-5.

**HART, D.,** *Electrónica de Potencia.* 1srt. Madrid, España: Pearson Educación. 2001. pp. 4-8.

**KHARECHA, P.A. y HANSEN, J.E.,** "Implications of «peak oil» for atmospheric and climate: FOSSIL FUEL USE AND CLIMATE CHANGE". *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 22, no. 3, ISSN 08866236. DOI 10.1029/2007GB003142, (2008), (United States of America) pp. 3-5.

**MARTÍNEZ, P.R.,** *Energía Solar Térmica: Técnicas para su Aprovechamiento.* Barcelona, España.: Marcombo. ISBN 978-84-267-1558-6. 2009. p 17.

**OGATA, K.,** *Ingeniería de Control Moderna.* 5ta Edición. Madrid, España: Pearson Educación. 2010 pp. 2-23.

**ORDOÑEZ, S.,** "Después de Hubbert. Los combustibles fósiles. " *Real Sociedad Geográfica.* [en línea]. 2009. (Madrid) 9(48), pp. 12-13 [Consulta: 9 junio 2016]. Disponible en: [http://www.realsociedadgeografica.com/es/pdf/boletin\\_2009.pdf#page=9](http://www.realsociedadgeografica.com/es/pdf/boletin_2009.pdf#page=9).

**PLACCO, C., SARAVIA, L. y CADENA, C.,** *Colectores Solares para Agua Caliente.* [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2016]. 2013. p 2. Salta, Argentina. Disponible en: [http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores\\_solares\\_aguacaliente.pdf](http://www.inti.gob.ar/e-renova/pdf/colectores_solares_aguacaliente.pdf).

**RODRIGUEZ MURCIA, H.,** "Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas". *Revista de Ingeniería UNIANDES*, Vol.1, No. 28, (2008), (Colombia) pp. 83-89.

**RODRÍGUEZ PENIN, A.,** *Sistemas SCADA.* 3era Edición. Barcelona, España: Marcombo. ISBN 978-84-267-1781-8. 2011. pp. 28-31.

**SANTAMARTA, J.,** "Las Energía Renovables son el futuro." *World Watch*, Vol.1, No. 26, (2007), (España) pp. 34-39.

**SARASOLA, A.F.,** *Control de los Sistemas Continuos.* Asturias, España: Universidad de Oviedo. ISBN 978-84-8317-646-7. 2007. p 2.

**SERNA, A., ROS, F. y RICO, J.C.,** *Guía Práctica de Sensores.* España: Creaciones Copyright SL. ISBN 978-84-92779-49-9. 2010. pp. 38-39.

**SIMCom,** *SIM900 AT Command Manual* [en línea]. 2010. Shanghái, China.: Shanghái SIMCom. [Consulta: 30 noviembre 2016]. Disponible en: [http://store.iteadstudio.com/images/produce/Platform/ArduinoCom/GBoard/SIM900\\_AT%20Command%20Manual\\_V1.03.pdf](http://store.iteadstudio.com/images/produce/Platform/ArduinoCom/GBoard/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.03.pdf). 2010. pp.106-110

**TRIVIÑO, F., POZO, A. y TRIVIÑO, A.,** *Cálculo de disipadores de calor.* Madrid, España: Creative Commons. 2011. pp. 1-6.

**VASQUEZ ROJAS, J.,** *Consulta y actualización de base de datos mediante equipos móviles.* Colombia: ITM. ISBN 978-958-8351-41-4. 2008. pp.40-42.